

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**

**TEHNIKE, TEHNOLOGIJE I MENADŽMENT U ŠUMARSTVU**

**JOSIP ŽAČEK**

**ANALIZA PROTUPOŽARNE INFRASTRUKTURE**

**OTOKA VISA**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2017.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

**ANALIZA PROTUPOŽARNE INFRASTRUKTURE OTOKA**

**VISA**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu

Predmet: Šumska protupožarna infrastruktura

Ispitno povjerenstvo: 1. Doc.dr.sc. Hrvoje Nevečerel

2. Izv.prof.dr.sc. Mario Šporčić

3. Dr.sc. Kruno Lepoglavec

Student: Josip Žaček

JMBAG: 0068210787

Broj indeksa: 641/2015

Datum odobrenja teme: 20.4.2017.

Datum predaje rada: 25.9.2017.

Datum obrane rada: 29.9.2017.

**Zagreb, rujan 2017.**

## DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Analiza protupožarne infrastrukture otoka Visa
Title	Fire fighting infrastructure analysis of island Vis
Autor	Josip Žaček
Adresa autora	Nova Jošava 34, 33515 Orahovica
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Doc.dr.sc. Hrvoje Nevečerel
Izradu rada pomogao	Dr. sc. Kruno Lepoglavec
Godina objave	2017.godina
Obujam	Broj stranica: 42, slika: 25, tablica: 2, grafova: 2, navoda literature: 30
Ključne riječi	šumske protupožarne ceste, vatrogasna postrojba, vrijeme pristupa
Keywords	forest fire roads, fire brigades, access time
Sažetak	<p>Šumska prometna infrastruktura trajan je objekt koji koristimo pri redovitom obilasku šumskih površina. Za pojavu i širenje šumskih požara bitni su razni čimbenici (udaljenost, vrste, ekspozicija, nagib) zbog čega dolazi do potrebe za novim šumskim protupožarnim prometnicama. U ovome će se radu utvrditi raspoloživi kapaciteti vatrogasnih postrojbi na otoku Visu te obaviti analiza cjelovite i unaprijeđene protupožarne infrastrukture.</p>

	<b>IZJAVA O IZVORNOSTI RADA</b>	<b>OB ŠF 05 07</b>
		Revizija: 1
		Datum: 29.9.2017.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

---

*vlastoručni potpis*

*Josip Žaček*

U Zagrebu, 29.9.2017

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA .....	3
2.1. Vrste požara i procjena od opasnosti.....	3
2.1.1. Čimbenici nastanka požara .....	5
2.2. Šume u Republici Hrvatskoj.....	9
2.3. Šumski požari u Republici Hrvatskoj.....	12
2.4. Protupožarne prometnice na kršu .....	14
2.4.1. Šumske protupožarne ceste.....	14
2.4.2. Osnovne zadaće šumskih protupožarnih cesta .....	16
2.5. Primjena GIS tehnologije u vatrogastvu .....	18
2.5.1. Geografski informacijski sustav- GIS .....	18
2.5.2. Primjena Geografskog informacijskog sustava u vatrogasnoj djelatnosti.....	19
2.6. Brzina intervencije pri požarima .....	23
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	24
Hrvatske šume - Podružnica Split.....	24
4. CILJEVI I METODE ISTRAŽIVANJA.....	26
4.1. Ciljevi istraživanja .....	26
4.1. Materijali i metode istraživanja.....	26
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	29
6. ZAKLJUČCI SA RASPRAVOM.....	38
7. LITERATURA.....	40

## **Predgovor**

*Zahvaljujem se mentoru doc.dr.sc Hrvoju Nevečerelu na znanstvenoj i stručnoj podršci, te savjetima tijekom izrade ovog diplomskog rada. Također se zahvaljujem dr.sc. Kruni Lepoglavcu na iznimnoj pomoći prilikom izrade rada.*

*Posebno se zahvaljujem roditeljima, bratu, sestri i djevojci na razumijevanju i potpori tijekom cjelokupnog studiranja.*

## POPIS SLIKA

Slika 1. Šumski požar

Slika 2. Borova šuma poslije prizemnog požara

Slika 3. Razredi opasnosti od šumskih požara za kolovoz

Slika 4. Protupožarna prosjeka

Slika 5. Protupožarna prosjeka s elementima šumske ceste

Slika 6. Protupožarni put

Slika 7. Sastavnice GIS-a

Slika 8. Primjer konceptualnog modela za određivanje indeksa opasnosti od požara

Slika 9. Primjer podatkovnog skupa prometne mreže te zone utjecaja vatrogasne stanice (grad Zadar)

Slika 10. Osmatračnica za prevenciju šumskih požara – Podružnica Split

Slika 11. Prikaz izlaznih vrijednosti alata *Network Analyst*

Slika 12. Primjer izlaznih poligona dobivenih alatom *New Service Area*

Slika 13. Primarna prometna infrastruktura – javne i šumske protupožarne ceste

Slika 14. Počeci i završeci sastavnica cjelokupne promatrane mreže

Slika 15. Prostorne pozicije mjesta intervencije – simulacija mjesta požara

Slika 16. Analiza pravilnosti disperzije simuliranih točaka požara

Slika 17. Primjer udaljenosti pristupa jednoj od odabranih (simuliranih) pozicija intervencije

Slika 18. Usporedba intervencije prema lokalnoj samoupravi i brzine intervencije dobivene analizom

Slika 19. Dostupnost površina s obzirom na vremena dolaska na mjesto intervencije

Slika 20. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 5 minuta

Slika 21. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 10 minuta

Slika 22. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 15 minuta

Slika 23. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 25 minuta

Slika 24. Dostupnost površini maksimalnog dosega preko 25 minuta

Slika 25. Kategorije vremenske dostupnosti površini po odabranim vremenima

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Šume prema namjeni

Tablica 2. Vrijeme intervencije i udaljenosti za simulirana mjesta nastanka požara

## **POPIS GRAFOVA**

Graf 1. Šume prema vlasništvu

Graf 2. Odnos broja požara otvorenog prostora u Republici Hrvatskoj (1995- 2014)



## 1. UVOD

Šumski požar je nekontrolirano, stihijsko kretanje vatre po šumskoj površini. Pripada u prirodne katastrofe. Razlikuje se po vrsti, načinu postanka i štetama. Za nastanak požara potrebna je određena temperatura, tlak i kisik. Ako se jedno od toga ukloni, požar prestaje. (Pičman, 2011). Šumski požari predstavljaju veliku opasnost za šumska zemljišta i šume u Republici Hrvatskoj. Ovdje govorimo o prirodnoj nepogodi čija je pojava karakteristična za podneblje u kojem živimo, posebno u Dalmaciji, Istri na otocima i u Dalmatinskoj zagori. Na području primorske hrvatske prosječno godišnje ima oko tri tisuće intervencija zbog požara. U posljednje vrijeme opasnost od šumskih požara je iznimno visoka, najviše zbog izraženih klimatskih promjena (duga vruća ljeta, topla jesen, jaki vjetrovi, dugi periodi s vrlo visokim temperaturama). U Istri i Primorju oko 70% požara izbiye u veljači, ožujku i travnju, dok u Dalmaciji većinom požari izbiju u srpnju i kolovozu. Požari su veliki svjetski problem, jer se u njima godišnje u svijetu izgubi više od deset milijuna hektara šuma.



Slika 1. Šumski požar

Šumski požari su pojave koje vrlo često poprimaju katastrofalne razmjere, uništavajući velike površine pod šumom i šumskim zemljištem. Osim toga požari osim šuma mogu uništiti poljoprivredna dobra, pa čak zaprijetiti i uništiti pojedine objekte ili cijela naselja.

Šumski požari se mogu svrstati među najjače prirodne sile koje u svom pohodu uništavaju ljude, dobra i prirodne resurse. Indeks opasnosti od požara može se predvidjeti razmatranjem različitih klimatskih čimbenika i njihovih elemenata i korelaciji s uočenom zapaljivošću grana i lišća na tlu; ako su uvjeti ekstremni, pristup neovlaštenim osobama u takve šume se strogo zabranjuje (ENERGO Inspekt).

Nastanku požara u dalmatinskom području pogoduje vegetacijski pokrov koji čine crnogorične i bjelogorične šume, pašnjaci i poljoprivredna zemljišta te nemar ljudi prilikom poljoprivrednih radova, čišćenja tla i paljenja korova (Nodilo, 2003).

## 2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Vrste požara i procjena od opasnosti

Klasifikacija požara s gledišta vatrogasnih intervencija razlikuje se po fazama, obujmu odnosno veličini, te po vrsti gorive stvari. Prema fazama razlikuje se početni, razbuktani požar te faza zgarišta, dok prema obujmu govorimo o malom, srednjem, velikom i katastrofalnom požaru. Prema vrsti razlikujemo požar klase A - požar krutih tvari kao što su npr. drvo, papir i tkanine. Požar klase B - požar zapaljive tekućine. Požar klase C - požar zapaljivog plina. Požar klase D - požar metala. Požar klase F - požar jestivih masti i ulja (Malnar, 2009).

U Republici Hrvatskoj, zemlji bogatoj šumama šumske požare dijelimo na:

- podzemne požare ili požar tla
- prizemni ili niski požar
- ovršni požar ili požar u krošnjama
- požar pojedinačnih stabala

**Podzemni požar** odnosno požar tla zahvaća humus ili tresetne slojeve koji su ispod organske šumske prostirke ili nerastvorenog udjela površinskog sloja šumskog tla. Ova vrsta požara je spora, ali stvara veliku toplinu i razara materijal prilično jednolično. Veće štete nanosi ako uništi korijenje drveća. Može biti vrlo dubok. Takva vatra tinja te je gašenje teško i može trajati više mjeseci.

**Prizemni požar** odnosno niski požar predstavlja najčešći oblik šumskog požara. Nastaje kad se zapalio sloj vegetacije uz tlo i gornji sloj organske prostirke (lišće, mahovina, suha trava, drvo, panjevi...).. Ako u šumi nema prostirke ovaj požar oštećuje žilište pojedinih stabala, pogotovo u pravcu širenja. Šteta na stablu ovisi o intenzitetu požara (vezano za količinu gorivog materijala) i brzini širenja. Ovaj je požar najštetniji u mladiku i u dobi letvenjaka, pogotovo kod četinjača koje često potpuno uništava. Također je štetan za vrste tanke kore kojima uništi kambij u žilištu. U tom slučaju suši se pojedino drveće ili cijele sastojine. Za uništenje kambija dovoljna je temperatura od 54°C. On se najlakše gasi, a lako prijede u ovršni požar.



Slika 2. Borova šuma poslije prizemnog požara

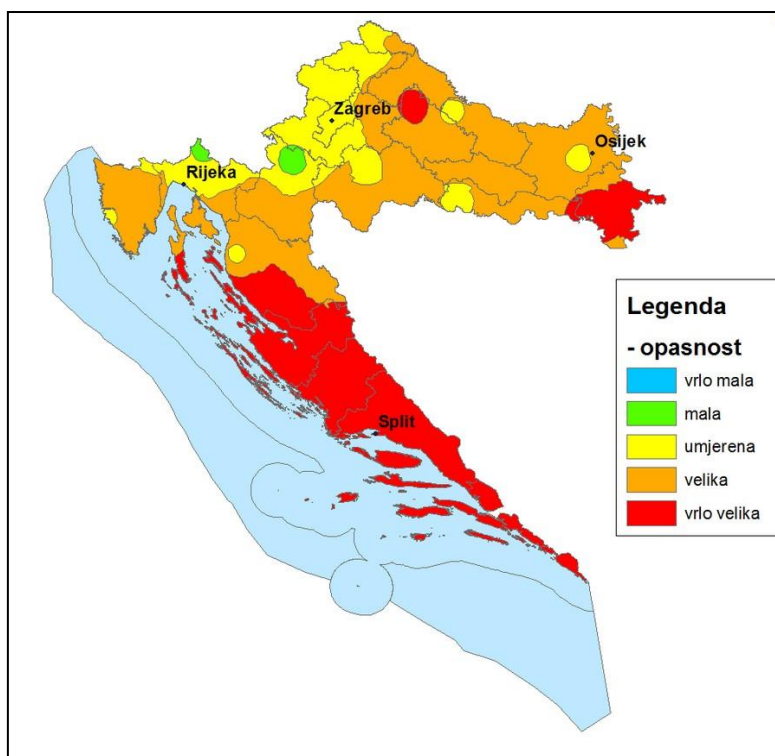
**Ovršni požar ili požar u krošnjama** najčešće je vezan uz šume četinjača. Nastaje iz prizemnog požara kada zapaljeni materijal na tlu poprimi jači intenzitet, a zračne struje toplinu i vatru podignu u krošnju. Karakteristika ove vrste požara je da preljeće, preskače s jedne krošnje na drugu te se brzo širi. Prenosi se zapaljenim češerima na udaljene krošnje te se može prenijeti i više od desetak metara dalje. Najopasnija je vrsta i teško se suzbija.

**Požar pojedinačnih stabala** - nastaje zbog udara groma, loženja vatre pod drvećem ili iz drugih razloga. Od pojedinačno zapaljenog stabla mogu nastati i drugi požari. Najčešće se javlja u prašumama gdje ima mnogo suhih grana.

Šumski požari uzrokuju prilično velike štete. Ova vrsta požara predstavlja veoma ozbiljan i uvijek aktualan društveni, privredni i ekološki problem. Požari pretvaraju čitave predjele u pustoš, uništavaju životnu sredinu čitavog područja i nanose neprocjenjivu štetu stanovništvu. Štete od šumskih požara obuhvaćaju :

- izravni gubitak drvne mase
- gubitak zaštite i drugih funkcija šuma
- pojava ekološke erozije i erozije vodom
- degradiranje šumskog zemljišta ( ispiranje , klizanje i dr. )
- ugrožavanje prometnica i drugih javnih objekata
- zatrpavanje hidroakumulacija
- ugrožavanje privrednih grana

- ugrožavanje faune
- ugrožavanje ljudskih života (Magaš 2015)



Slika 3. Razredi opasnosti od šumskih požara za kolovoz

Izvor: <http://duzs.hr/>

### 2.1.1. Čimbenici nastanka požara

Većina šumskih požara rezultat je ljudske nepažnje ili namjernog podmetanja požara, dok manji broj uzrokuju prirodne pojave. Vremenski čimbenici u velikoj mjeri određuju podložnost pojedinog područja prema požarima. Zapaljivost šume ovisi o temperaturi, vlažnosti, brzini vjetra i količini oborina.

Na nastanak šumskog požara mogu utjecati različiti biotski i abiotski čimbenici. Tako pri tome možemo govoriti o utjecaju terena (geološki utjecaj), vegetacije, čovjeka, tehničkih sredstava (različita prometala) i prirodne pojave (munja-grom).

**Utjecaj geološke podloge** – terena na mogućnost nastanka i uspješno gašenje požara općenito se očituje na ovaj način:

- geološki odnosi i petrografski sastav stijena utječe na tip vegetacije;

- požari lakše izbijaju na suhim bezvodnim terenima koji se sastoje od vodopropusnih stijena;
- gašenje požara je u svezi s geomorfološkim značajkama terena;
- isto je u svezi s erozijom i opasnosti od onečišćenja podzemne vode nakon požara (Rosavec (2010)).

Veliki utjecaj tijekom toplijih mjeseci na stupanj zapaljivosti ima suhoća ili bezvodnost tla. Iz tog razloga nužno je povezivati hidrogeološke prilike nekog područja. Kod toga je najvažnija klasifikacija stijena na temelju vodopropusnosti odnosno podjela na propusne, polupropusne i nepropusne stijene. Propusne stijene nakon kiše ostaju suhe, što omogućava nastanak požara te otežava njegovo gašenje. Bolja je situacija s polupropusnim i nepropusnim stijenama. Svejedno i na takvim terenima ljeti mogu izbiti požari kao i na propusnim stijenama. No kod takvih stijena, zbog povišene vlažnosti i vjerojatne prisutnosti površinskih voda, požari se sporije šire te samim time lakše ih je gasiti.

**Utjecaj reljefa** – ovaj čimbenik utječe svojom veličinom, pravcem pružanja, oblikom i razvedenošću. Reljef utječe na klimu, vegetaciju i edafske prilike. Pri tome važno je poznavati nadmorsku visinu, izloženost suncu, ekspoziciju, nagib i drugu reljefnu raznolikost. Kako bi se organizirala protupožarna služba, odnosno kako bi se vidjela što realnija procjena stupnja ugroženosti požarom uvažavanje faktora reljefa veoma je važno. Različiti oblici terena mogu biti prirodne zapreke ili pogodnosti za požare. Općenito u mnogome uvjetuju razlike u preglednosti i dostupnosti terena, u nastanku brzini i pravcima širenja vatre, broju i opremljenosti gasitelja, izboru metoda i tehnika gašenja itd. Veliko značenje na promjene ekoloških prilika ima i nadmorska visina, mjerodavna za raspored, gustoću, djelotvornost osmatračnica za visinu leta i izbacivanje vode iz aviona i sl... Za nastanak i širenje požara izuzetno je važan nagib terena, živi i mrtvi organski pokrov reljefa te pristup terenu. Pojedini nagibi terena važni su za procjenu opasnosti, a uvjetuju znatne razlike u ugroženosti, brzini širenja i intenzitetu širenja vatre, otežanu dopremu vode i gašenje, a naročito štetne posljedice požara (erozija). Pristup požarištu (ako nema prometnica) ovisi o reljefnim karakteristikama terena. Najugroženiji su tereni s većim nagibom i mekše stijene.

**Utjecaj klime** - ukupnost meteoroloških elemenata i pojava koji karakteriziraju srednje stanje atmosfere na određenom mjestu i u određenom višegodišnjem razdoblju. Najvažniji pokazatelj koji se uzimaju u razmatranje su temperatura i relativna vlažnost zraka. Sušna i

vlažna razdoblja u godinu posebno su važna za vatrogasnu preventivu i sanaciju izgorjele površine. Poznavanje klime je od prvorazrednog značenja za preventivu odnosno za realno stupnjevanje opasnosti i klasifikacije šumskih terena s obzirom na požarnu ugroženost te na planiranje niza preventivnih mjera i zahvata. U preventivnim i represivnim postupcima u zaštiti šumskog i drugog biljnog pokrova od požara koriste se spoznaje i podaci opće klimatologije i različitih grana primjerene klimatologije, npr. bioklimatologije i njenih ogranaka, kao posrednog pokazatelja prosječnih atmosferskih prilika u nekom području. Najčešći i najrazorniji požari na vegetaciji su u primorskim područjima. Klimatske karakteristike potvrđuju da su za nastanak požara na vegetaciji najugroženiji ovi bioklimati: priobalni kseromediterranski, termomediterranski i inframediterranski te brdski - eumediterranski i submediterranski bioklimat. Klimatske karakteristike koje utječu na povećanje požara:

- duga i trajna razdoblja ljetne atmosferske suše (1 - 4 mjeseca)
- ljetne žege (2 - 4 mjeseca)
- plitka i skeletna tla (ljeti suha sa slojem mrtvih biljnih ostataka).

### **Tlo i šumski požari**

Martinović (2003) ukazuje da u SAD-u najveće štete nastaju od šumskih požara, a da je tako i sa šumskim sustavima našega krša. Pedološki uvjeti snažno utječu na nastanak i širenje požara jer o njima bitno ovisi biljni pokrov. Na staništima jače ugroženim požarom su najrasprostranjenija tla nastala na vapnencima i dolomitima (crnice, rendzine, smeđa tla i crvenice). S obzirom na vrijeme potrebno za nastanak tla, mjereno ljudskim vijekom, tlo uništeno na kršu trajan je gubitak. Najčešći gorivi materijal u šumi je sloj šumske prostirke. U svjetskim sustavima prognoze opasnosti od požara pedološki činitelj, odnosno šumska prostirka s ostalim mrtvim dijelovima biljaka ima važno mjesto. Svojstva tla utječu na pedološke uvjete nastanka i širenja požara. U pravilu tom pogoduje i stjenovitost terena zbog preraspodjele, odnosno veće akumulacije šumske prostirke na reduciranoj površini tla.

S obzirom na to tla se mogu svrstati u dvije skupine:

- tla s većom opasnošću od požara: rendzine, crnice, rankeri, smeđe tlo na vapnencu i dolomite.
- tla s manjom opasnošću od požara: lesivirana, eutrična i koluvijalna tla i rigolanaterasirana tla.

Na zapaljivost šumske prostirke utječu i unutarnja svojstva tla. Plića tla s malim kapacitetom uskladištene vode pogoduju smanjenju vlage u šumskoj prostirki.

**Vegetacija** – osobito važan utjecaj na biljni svijet sa stajališta protupožarne zaštite imaju atmosferska i zemljišna suša, iznimno visoke temperature, određena toplinska i vegetacijska razdoblja. U tom smislu postoje dva klimatozonska vegetacijska područja (Bertović i dr, 1987) sljedeća:

- kontinentalna regija
- mediteranska regija.

Dinarski i krški predjeli su klimatski, vegetacijski, i u pogledu učestalosti šumskih požara najosjetljiviji i najugroženiji u cijeloj Hrvatskoj. Sveukupno se može zaključiti da su svi vegetacijski pojasevi u priobalnom i otočnom dijelu ugroženi sušom. Upravo zbog suše se nagomilani nerastvoreni biljni ostatci sporije razrađuju te omogućuju lakše nastajanje šumskih požara. Zato je korisno poznavati sve vremenske okolnosti koje pogoduju takvom stanju tj. ona vremenska razdoblja u godini u kojima nastupaju termički šokovi tj. temperature više od biološkog maksimuma. Za svako vegetacijsko područje bitno je znati pojavu toplih i vrućih razdoblja u godini, pogotovo vrući mjesec sa srednjom temperaturom zraka višom od 20°C. Šumski požari dolaze do izražaja tijekom sezonskih pojava tijekom godine. Biljne zajednice izravno ovise o tipu tla, klimi i dr.. Uz ostale činitelje geološka građa utječe na prisutnost različitih šuma što je važno sa stajališta požara i štete od njega. Najznačajniji i najčešći ograničavajući vegetacijski čimbenici su vegetacija, sušnost ili prekomjerne vlažnost.. U svakom pogledu treba razlikovati i uzeti u obzir i sadržaj vode u biljkama. Izbijanje i učestalost šumskih požara uvelike ovisi o susjedstvu ili okruženosti šume poljoprivrednim površinama (naročito zapuštenim). Po stupnju zapaljivosti, mogućnostima potpaljivanja i brzini širenja požara razlikuju se pet glavnih kategorija (skupina) šumske vegetacije.

- nezapaljiva vegetacija-uvjeti za nastanak šumskih požara su maleni, unutar ove grupe su vlažne šume kontinentalnih nizina.
- teško zapaljiva vegetacija-uvjeti za nastanak požara su maleni, ovdje spadaju listopadne šume brdskog i nižeg gorskog pojasa te bjelogorične šume.
- umjereno zapaljiva vegetacija-uvjeti za nastanak su umjereni, unutar skupine spadaju crnogorične šume visokog te nižeg i višeg pretplaninskog pojasa.
- lako zapaljiva vegetacija- veliki su prirodni uvjeti za nastanak požara. Ovdje se radi o kserofitnim listopadnim submediteranskim šumama (*Orno - Ostryetalia*) sjevernog primorja (Istra, Kvarner), Dalmatinske zagore, ali i o šumama u



daljem zaleđu u klisurastim riječnim kanjonima (Dobra, Mrežnica, Krbava) i na kamenitim strminama krških brda.

- veoma i ekstremno zapaljiva vegetacija- uvjeti za nastanak požara su vrlo veliki. Ovdje spadaju sredozemne vazda zelene šume, tvrdolisne makije južnosredozemnog tipa i degradirani antropogeni garizi tvrdolisnati grmovi. Zbog dugotrajne ljetne suše zapaljivost ovih tipova je vrlo velika.

**Utjecaj čovjeka na nastanak šumskog požara-** preko 95% požara uzrokuje čovjek svojom djelatnošću. Zapuštene poljoprivredne kulture glavna su opasnost za nastajanje šumskih požara. Namjerno izazivaju požare poremećene osobe i iz ekonomske računice, osvete ili mržnje prema pojedincu ili društvu. Događa se da se požari podmeću zbog ispaše (stočne i pčelinje), mogućnosti prenamjene zemljišta i niza drugih razloga. Može se dogoditi da požar podmetnu i alkoholizirane osobe. Opušak cigarete predstavlja naročitu opasnost. Žar cigarete je oko 450 °C što je više od temperature paljenja biljnoga materijala, pogotovo suhoga. U sušnim razdobljima vlaga biljnog materijala iznosi oko 4 % a takvoga opušak lako zapali. Osnovna mjera ugroženosti ili sigurnosti od požara je gospodarenje površinama pod vegetacijom, a napose gospodarenje šumama. Istraživanja su pokazala kako se upravo antropogeni utjecaj smatra glavnim čimbenikom pri izbijanju požara (Netolicki i dr., 2011).

**Ostali utjecajni čimbenici** – šumski požari mogu nastati i zbog loma sunčevih zraka, iskrenjem prilikom kočenja električnog voda uz željezničke pruge ili bacanjem zapaljivih materijala ili uređaja iz vlaka. Također požari mogu nastati i iskrenjem između žica na dalekovodu, padom stupa, pucanjem žica, zapaljenjem drvenih stupova, spaljivanjem smeća, paljenjem vatre za roštilj, logorske vatre i niza drugih. Za vrijeme iznenadnih ljetnih pa poneki puta i zimskih oluja uzročnik požara može biti udar groma. Za namjerno podmetanje požara su tolike mogućnosti da ih je teško nabrojati, a još teže analizirati.

## 2.2. Šume u Republici Hrvatskoj

Šumom se smatra zemljište obraslo šumskim drvećem na površini većoj od 10 ari (1000m<sup>2</sup>), također pod šumskim zemljištem podrazumijevamo i zemljište na kojem se uzgaja šuma ili

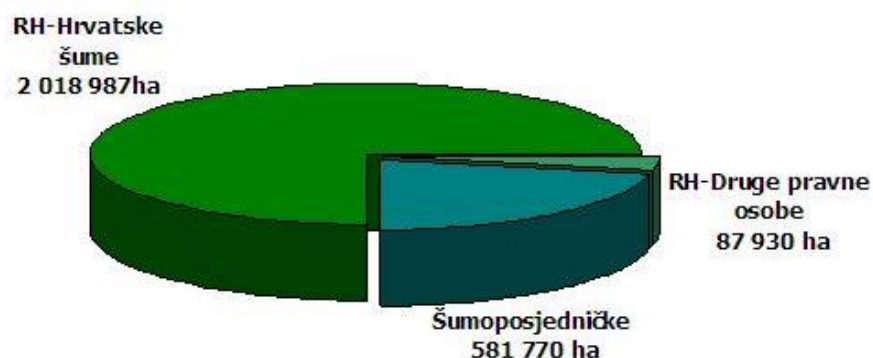
koje je radi svojih prirodnih obilježja i uvjeta gospodarenja predviđeno kao najpovoljnija za uzgajanje šuma. Šume i šumska zemljišta specifično su prirodno bogatstvo te s općekorisnim funkcijama uvjetuju poseban način upravljanja i gospodarenja.

Neke od općekorisnih funkcija šuma su:

- zaštita tla od erozije vodom i vjetrom,
- povoljni utjecaj na klimu i poljodjelsku djelatnost,
- pročišćavanje onečišćenog zraka,
- uravnoteženje vodnih odnos u krajobrazu te sprečavanje bujica i visokih vodnih valova,
- očuvanje genofonda šumskog drveća i ostalih vrsta šumske biocenoze,
- stvaranje povoljnih uvjeta za ljudsko zdravlje,
- ublažavanje učinka „staklenika atmosfere“ vezivanjem ugljika te obogaćivanjem okoliša kisikom
- značenje u obrani zemlje i razvoju lokalnih zajednica i mnogo drugih (Portal Hrvatske šume).

Šume su u povijesti Republike Hrvatske ponajviše ljudima služile za preživljavanje. Gotovo polovica kopnene površine naše zemlje je pod šumama i šumskim zemljištem pa se Republika Hrvatska ubraja u sam vrh europskih zemalja po šumovitosti. U Republici Hrvatskoj ukupna površina šumskih zemljišta iznosi 2.688.687 ha što je 47% kopnene površine države. Od toga je 2.106.917 ha u vlasništvu RH, dok je 581.770 ha u vlasništvu privatnih šumoposjednika. Glavnom šuma u vlasništvu države gospodare Hrvatske šume (2.018.987ha) (Portal Hrvatske šume).

Graf 1. Šume prema vlasništvu



Izvor: <http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/>

Osim po vlasništvu, šume razvrstavamo i prema njihovoj namjeni. Prema Zakonu o šumama šume po namjeni mogu biti gospodarske, zaštitne i šume s posebnom namjenom. Gospodarske šume, uz očuvanje i unapređenje njihovih općekorisnih funkcija koriste se za proizvodnju šumskih proizvoda. Zaštitne prvenstveno služe za zaštitu zemljišta, voda, naselja, objekata i druge imovine. Šume s posebnom namjenom – šumski sjemenski objekti sukladno posebnom propisu; šume unutar zaštićenih područja ili prirodnih vrijednosti zaštićene na temelju propisa o zaštiti prirode; šume namijenjene znanstvenim istraživanjima, nastavi, potrebama obrane RH te potrebama utvrđenim posebnim propisima.

Tablica 1. Šume prema namjeni

RH-HŠ	1.838.783	145.634	34.570	2.018.987
RH-DRUGE PRAVNE OSOBE	492	4.883	82.555	87.930
ŠUMOPOSJEDNIČKE	576.832	4.022	917	581.770
<b>UKUPNO</b>	<b>2.416.107</b>	<b>154.539</b>	<b>118.041</b>	<b>2.688.687</b>

Izvor: <http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/>

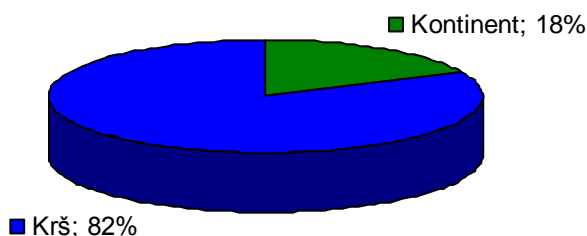
Sve šume s kojima Hrvatske šume gospodare podijeljene su u gospodarske jedinice, a one u

odjele i odsjeke. Plan gospodarenja za neku gospodarsku jedinicu naziva se Osnova gospodarenja i donosi se za razdoblje od 10 godine. Tako se i sva mjerenja i sva planiranja u šumarstvu provode svakih deset godina tako da je i ažurnost prikazanih informacija nužno na toj istoj razini. Osnova gospodarenje je „mali šumarski Ustav“ za tu jedinicu (Portal Hrvatske šume).

### 2.3. Šumski požari u Republici Hrvatskoj

U Hrvatskoj se praćenje i obrada podataka vezanih za nastajanje šumskih požara odvija od 1955. godine. Prema tim podacima u razdoblju od 1955. - 1984. godine izbio je ukupno 10.369 požara ili prosječno 370 šumskih požara godišnje. Površina koja je pri tome opožarena iznosi 137.213 ha, godišnje 4.574 ha ili 12,36 ha po jednom požaru. U nekim područjima nastale su katastrofalne posljedice (npr. na Korčuli je 1985. godine izgorjelo 22,9% površine). Svake godine u Hrvatskoj izbije nekoliko stotina šumskih požara, a kao rekordnu godinu pamtimo 2007. kada je registrirano čak 706 šumskih požara koji su nanijeli štetu na 68.171 hektara. Statistički gledano srpanj i kolovoz mjeseci su s najvećim rizikom odnosno brojem požara u godini. Šumski požari predstavljaju veliku opasnost za šumska zemljišta i šume u Republici. Hrvatskoj, a naročito u Dalmaciji, na otocima i u Dalmatinskoj zagori. U razdoblju od 1995. do 2014. godine u Republici Hrvatskoj bilo je sveukupno 5.377 požara šumskog i ostalog zemljišta, a ukupno je opožareno 259.003,17 ha. U navedenom dvadesetogodišnjem razdoblju, godišnji prosjek iznosi 269 požara s prosječno godišnje opožarenom površinom od 12.950,16 ha (Bakšići dr., 2015).

Graf 2. Odnos broja požara otvorenog prostora u Republici Hrvatskoj (1995- 2014)



Izvor: Bakšić, N., Vučetić, M., Španjol, Ž.:  
Potencijalna opasnost od požara otvorenog prostora u RH

Kada govorimo o uzrocima nastanka požara, za 60-70 % požara uzrok nastanka ostaje nepoznat. Samo za otprilike 10% požara postoji poznati uzrok, a to je udar groma, dok je 90% posljedica slučajnog ili namjernog djelovanja čovjeka (nepažnja, paljenje poljoprivrednog otpada, namjerno paljenje, promet, električni vodovi, mine i ostalo). Promatramo li sezonsku dinamiku požara, imamo dva kritična razdoblja. Prvo kritično razdoblje javlja se u kasnu zimu i rano proljeće (II, III, IV mjesec) i vezano je uz poljodjelske radove, a udio broja požara tog razdoblja iznosi više od 30 % od ukupnog godišnjeg broja požara. Iako su požari u tom razdoblju česti, nisu velikih ili katastrofalnih razmjera. Drugo kritično razdoblje je u ljetnim mjesecima (VII, VIII, IX mjesec) U Republici Hrvatskoj prosječna izgorena površina po jednom požaru iznosi 48,17 ha. Ta vrijednost za krško područje iznosi čak 55,67 ha, a za kontinentalno područje 14,84 ha (Bakšić i dr., 2015).

Broj požara u prvoj polovici 2017. godine, odnosno do 15. 07. ove godine, tri puta je veći od njihovog broja tijekom cijele prošle godine. Ove (2017.) godine bilježimo veliki porast broja požara te je u sedam priobalnih županija do 15. 07. georeferencirano 642 požara, dok ih je u 2016. godini bilo 214 (<https://vlada.gov.hr>). Georeferencirano opožareno područje u dalmatinskom području do 15. 07. 2017. godine obuhvaća 67.397 ha. U ovoj protupožarnoj sezoni koja je najgora do sada potrošeno je čak sto milijuna kuna što je za 30 milijuna više nego prošlih godina. Požara je bilo duž cijele obale Jadranskog mora, no ipak najgore je bilo na području Splita gdje su bile ugrožene kuće. 21. kolovoza je dan s najvećim angažmanom zračnih snaga u dosadašnjem dijelu ovogodišnje protupožarne sezone. Zračne snage sudjelovale su u gašenju deset požara, a gašenje se odvijalo na nekoliko lokacija jer je došlo do spajanja više požarišta u jednu vatrenu frontu. Sveukupno je izbačeno oko 1000 vodenih bombi, što je najveći broj izbačenih vodenih bombi u jednom danu u dosadašnjem dijelu sezone. Na tim su požarima zračne snage ostvarile oko 90 sati naleta na požarištima, što je i najveći broj provedenih sati u akcijama gašenja požara u jednom danu od početka protupožarne sezone, izbacivši oko 4000 tona vode. Od početka ovogodišnje protupožarne sezone (1. lipnja) zračne snage 93. zrakoplovne baze HRZ-a i PZO-a sudjelovale su u gašenju 251 požara (87 u Šibensko-kninskoj, 79 Splitsko-dalmatinskoj, 68 u Zadarskoj, 11 u Dubrovačko-neretvanskoj, pet u Ličko-senjskoj i jedan u Istarskoj županiji). (Stipanović, 2017).

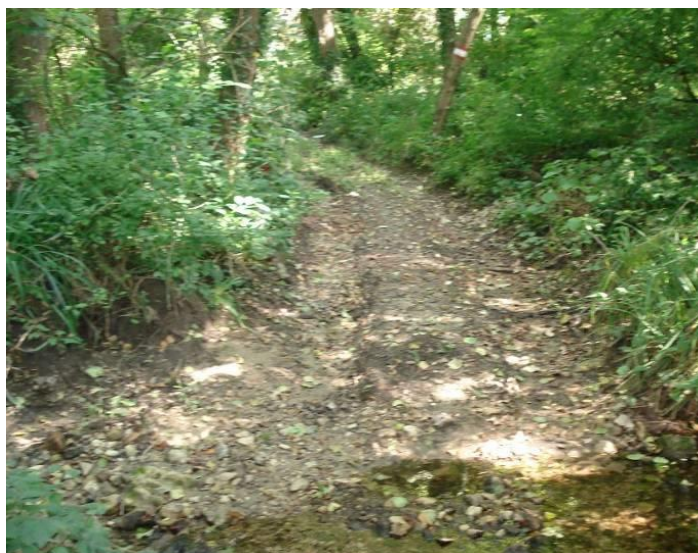
## 2.4. Protupožarne prometnice na kršu

Dvije su skupine mjera zaštite od požara, preventivna i kurativna. Preventivne mjere primjenjujemo kako bi spriječili ili umanjili mogućnost pojave požara, dok kurativne obuhvaćaju proces gašenja i sanaciju izgorenog područja. Izvrsna mjera i preventivne i kurativne su protupožarne prometnice. Njihova osnovna svrha je omogućiti pristup šumi ako bi se na vrijeme i kontinuirano provodili svi uzgojni radovi i čuvanje šume te omogućilo nesmetano provođenje motriteljsko ophodarskih dužnosti tijekom protupožarne sezone i samo suzbijanje požara tj. njegovo gašenje. Prilikom požara, protupožarne prometnice služe kao vatrobrani pojas, omogućavaju pristup vatrogasnim vozilima, vozilima hitne pomoći i vozilima za prijevoz ljudstva i opreme, a mogu poslužiti i kao mjesto na kojem će ekipe za gašenje dočekati nadolazeću vatrenu stihiju te mjesta za lokalizaciju požara metodama paljenja predvatre i protuvatre (Franulović, 2014).

### 2.4.1. Šumske protupožarne ceste

Prema Pravilniku o zaštiti šuma od požara (NN 33/2014, od 14.03.2014.) u protupožarnu infrastrukturu ubrajamo sljedeće vrste prometnih površina:

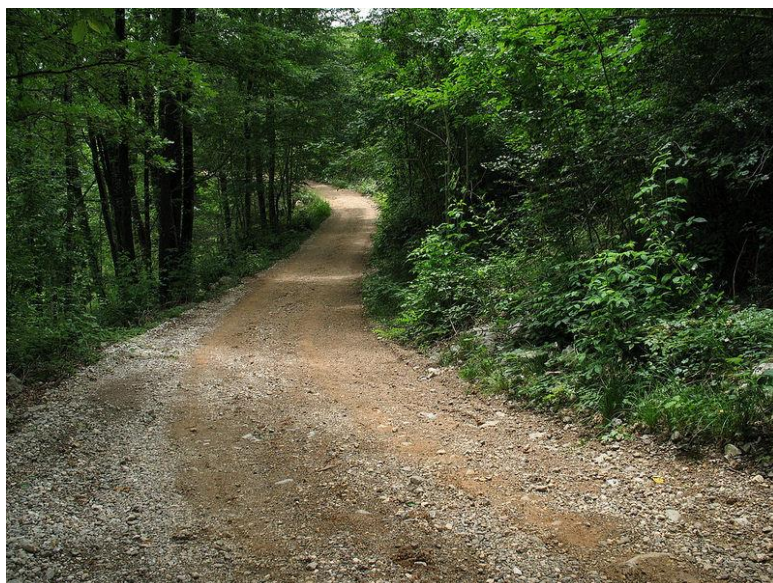
Protupožarna prosjeka – prosječen prostor u šumi u obliku pruge, očišćen od drveća i niskog raslinja, širine 4–15 m bez elemenata šumske ceste, koji ponekad prolazi okomito na slojnicu terena. Protupožarnom prosjekom se u ovom Pravilniku ne smatra prosječen prostor ispod trasa elektroenergetskih vodova kao niti prosjeke koje prvenstveno služe kao granice gospodarskih podjela na odjele u pojedinim gospodarskim jedinicama (Narodne novine, 2014).



Slika 4. Protupožarna prosjeka

Protupožarna prosjeka s elementima šumske ceste – prosječen prostor u šumi u obliku pruge, očišćen od drveća i niskog raslinja, širine 4–15 m s elementima šumske ceste koji ima namjenu prolaska vatrogasnih vozila do požarišta. Protupožarnom prosjekom s elementima šumske ceste se u ovom Pravilniku ne smatra prosječen prostor ispod trasa elektroenergetskih vodova kao niti šumske ceste/šumske vlake koje prvenstveno služe za sve ostale potrebe kod gospodarenja šumskim sastojinama (Narodne novine, 2014). Ovaj tip prometnica spada u jednostavne građevine čija izrada ne treba prethodno dobivanje lokacijske dozvole, ali je potrebno da su prometnice planirane programom gospodarenje za tu gospodarsku jedinicu. Samo održavanje ne treba biti planirano programom gospodarenja već se izvodi prema stanju na terenu, a radovi se planiraju godišnjim planom. Protupožarne prometnice spadaju u grupu prometnica s kolničkom konstrukcijom bez veznog zastora tj. kolnik je kameni. Ovaj tip kolnika vrlo je osjetljiv na protjecanje površinske vode s erozivnim djelovanjem, prometno opterećenje i prodor vode u dublje slojeve. Održavanje se izvodi metodama popravka krpanjem, razastiranjem ili poravnavanjem kolnika (Franulović, 2014).





Slika 5. Protupožarna prosjeka s elementima šumske ceste

Protupožarni put – šumska staza koja je preuska za prolaz vozila te služi za prolazak vatrogasaca i priručne vatrogasne tehnike do požarišta (Narodne novine, 2014).



Slika 6. Protupožarni put

#### 2.4.2. Osnovne zadaće šumskih protupožarnih cesta

Prema definiciji šumskih protupožarnih cesta vidljivo je da su one prvenstveno projektirane za zaštitu odnosno prevenciju šuma od šumskih požara. Osnovne ili primarne zadaće ove vrste šumskih prometnica mogu se razdijeliti u četiri osnovne skupine:

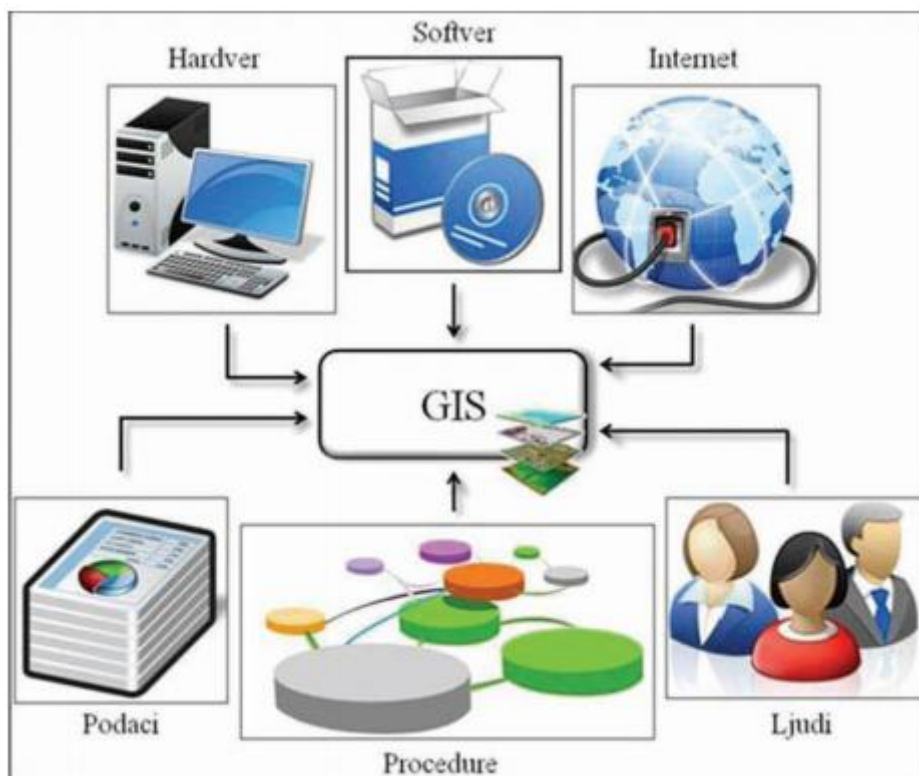


- Sve zadaće (Pičman, 2011.) koje doprinose preventivnoj i represivnoj borbi protiv šumskih požara:
  - obavljanje službe patroliranja prema planu zaštite šuma od požara;
  - u slučaju izbijanja požara šumska protupožarna cesta, ako je propisno održavana, služi kao neprelazni vatrobrani pojas;
  - vrlo često predstavljaju granicu odjela te ako je šumska protupožarna cesta izgrađena u kombinaciji s protupožarnim prosjekama koje se protežu okomito na nju, često čine vanjsku granicu područja izvan kojega se šumski požar ne može dalje širiti;
  - pružaju mogućnost dolaska vatrogasnih interventnih vozila na mjesto nastanka požara u kraćem vremenskom intervalu, kao i brže naknadno dovoženje vode;
  - omogućuju prometovanje vozilima hitne pomoći te vozilima za prijevoz ljudi i opreme;
  - služe kao idealno mjesto gdje će vatrogasne postrojbe sačekati nadolazeću vatrenu stihiju;
  - predstavljaju mjesta do kojih se vatra širi kod lokaliziranja požara metodom paljenja predvatre odnosno mjesta odakle požare suzbijamo taktikom paljenja protuvatre;
  - ostale mjere.
  
- Sve zadaće (Pičman, 2011.) pri radovima propisanim Programom gospodarenja:
  - u uzgajanju šuma,
  - u uređivanju i izmjeri šuma,
  - u zaštiti šuma,
  - u iskorištavanju šuma (pridobivanju drva),
  - u lovstvu i lovnom turizmu,
  - u ostalim radovima u šumarstvu.
  
- Sve zadaće i aktivnosti pri radovima korisnika šumskih protupožarnih cesta izvan šumarstva.
  
- Ostale zadaće.

## 2.5. Primjena GIS tehnologije u vatrogastvu

### 2.5.1. Geografski informacijski sustav- GIS

Definicije GIS-a su različite, ali uglavnom ovise o tome za koju ga svrhu korisnik upotrebljava. GIS (Geografski informacijski sustav) je sustav za upravljanje prostornim podacima i njima pridruženim osobinama (Dulčić, 2017). Razvoj GIS-a započeo je 1962. godine kada je Roger Tomlinson razvio kanadski geoinformacijski sustav. Nakon 1990-e godine započinje naglo širenje i razvoj GIS tehnologije, te ovaj sustav zahvaća širok spektar djelatnosti, pružajući korisnicima snažno i prikladno virtualno okruženje koje pomaže u razumijevanju prostornih odnosa i pojava. Njegove mogućnosti određene su kvalitetom prikupljenih podataka te ugrađenim alatima i ekstenzijama. GIS predstavlja skup sastavnica hardvera, softvera, podataka procedura, interneta i ljudi. Specijaliziran je za učinkovitu pohranu, ažuriranje, manipuliranje, analiziranje, interpretaciju i vizualizaciju svih oblika georeferenciranih podataka s mogućnošću rada na stolnim računalima, mobilnim uređajima i *cloud* tehnologiji (Roland i dr., 2015).



Slika 7. Sastavnice GIS-a

Izvor: <https://hrcak.srce.hr/file/215479>

-Neki od područja primjene GIS-a su :

#### POLJOPRIVREDA I ŠUMARSTVO

- praćenje poljoprivrednih kultura i šuma,
- “precizna” obrada (dodavanje potrebnih aditiva, ovisno o registriranom stanju usjeva, samo na ta uža područja, a ne na cijele uzgoje) i
- gospodarenje šumama.

#### U POSLOVANJU TVRTKI

- Analiza prostornog rasporeda potencijalnih korisnika.

#### OBRANA I OBAVJEŠTAJNE SLUŽBE

- Sustavi upravljanja trupama.
- Sustavi praćenja.

#### EKOLOGIJA I ZAŠTITA, UPRAVLJANJE ZAŠTIĆENIM PODRUČJIMA

- Planiranje zaštićenih područja.
- Praćenje migracija životinja.
- Utjecaj izgradnje novih prometnica na okoliš (Baučić, 2013.).

#### 2.5.2. Primjena Geografskog informacijskog sustava u vatrogasnoj djelatnosti

Vatrogasna djelatnost svakim danom suočena je sa sve većim zahtjevima rada, stoga je primorana implementirati najmodernije alate, tehnike i metode. Zadatak vatrogasne djelatnosti je očuvanje života, imovine i okoliša od požara i drugih opasnosti, a kako bi što učinkovitije obavljali svoju djelatnost trebaju dobro isplanirati intervenciju, organizirati obuku, imati primjeren sustav procjene i upravljanja rizikom te inteligentnu implementaciju navedenih koraka kroz primjenu. Tehnologija s rastućom učestalošću primjene u optimiziranju tog sustava je geografski informacijski sustav (Roland i dr., 2015).

Učinkovit vatrogasni sustav zahtjeva dobro isplaniranu intervenciju, primjeren sustav procjene i upravljanja rizikom, sveobuhvatnu obuku te inteligentnu implementaciju navedenih koraka kroz primjenu. Tehnologija s rastućom učestalošću primjene u optimiziranju tog sustava je geografski informacijski sustav (GIS) (Maloyi Dean, 2001., Vasilakos i dr., 2007., Patah i dr., 2011.).

Kompleksne GIS analize u vatrogastvu odnose se na modeliranje indeksa opasnosti od požara (FDI1), indeksa rizika od požara (FRI2), ili ostalih mjera koje ukazuju na ugroženost nekog područja, a služe za prevenciju i suzbijanje nesreća. Prilikom generiranja navedenih modela potrebno je koristiti širi raspon čimbenika koji utječu na nastanak požara od kojih su najčešće klimatske varijable kao što su temperatura, vlažnost, dominantni smjer vjetra, osunčanost, nagib reljefa, orijentacija, lokacija i učestalost požara društveni čimbenici te gorivi materijal. Metoda kreiranja modela koja uključuje korištenje više čimbenika utjecaja naziva se metoda multi-kriterijske analize (Roland i dr. 2015.). Modeli uglavnom nastaju kombiniranjem više podindeksa korištenih varijabli (WDI3 - *WeatherDanger Index*, TDI4 - *Topographicdangerindex*, PI5 - *Probabilityofignition*, FHC6 - Fuel hazard Component, HRI7 Human riskindex). Procjena težinskih koeficijenata pod-indeksa, nakon usporedbe njihove relativne važnosti u procesu istraživanja pojave, može se odrediti pomoću analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP8 - *Analytichierarchyprocess*), (Roland i dr. 2015.).



Slika 8. Primjer konceptualnog modela za određivanje indeksa opasnosti od požara

Izvor: <https://hrcak.srce.hr/file/215479>

Svakoj varijabli dodjeljuje se odgovarajući težinski koeficijenti koji pokazuju njezin značaj u potencijalnom nastanku požara. Najveći koeficijent uglavnom se dodjeljuje gorivom materijalu, topografskim i klimatskih varijablama. Nakon reklasifikacije vrijednosti varijabli svaka klasa skalira se prema određenim mjerama koje ukazuju na rizik nastanka požara.

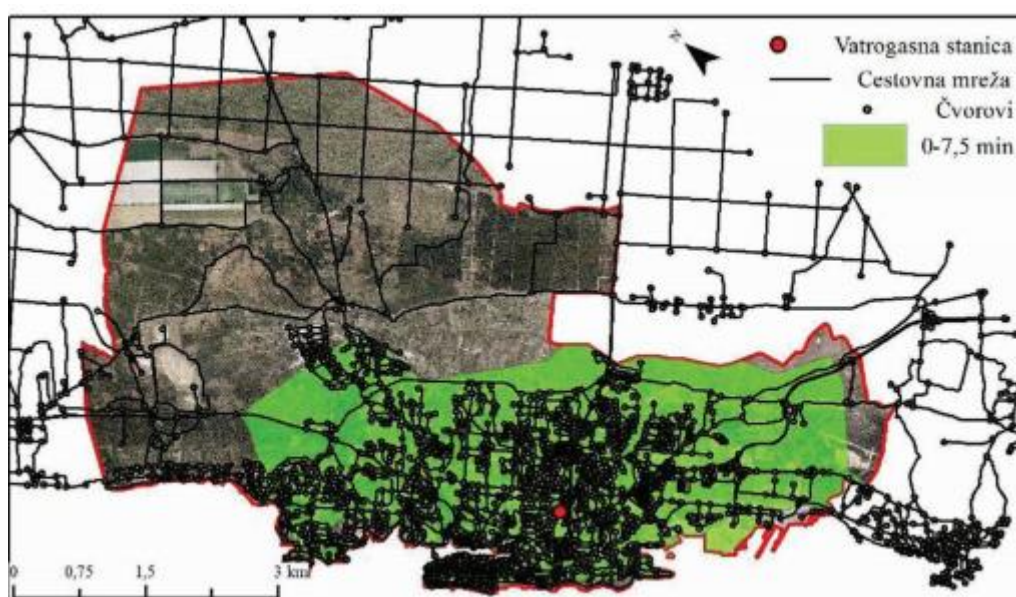
GIS je prepoznat (Roland i dr., 2015.) u drugim aspektima upravljanja i prevencije požara, a to su:

- analiza vidljivosti (odabir odgovarajuće lokacije za smještaj tornja za nadzor požara),
- indeksa gubljenja otpornosti na požare (LRR9),
- simulacija širenja vatre,
- odabir nove lokacije vatrogasne postaje,
- određivanje zone utjecaja vatrogasne intervencije,
- optimizaciju kretanja vatrogasnih vozila ili lokacija vatrogasnih postaja u urbanim područjima,
- kretanje vatrogasaca na terenu.

Kako bi se omogućila što učinkovitija pokrivenost vatrogasnim postajama GIS omogućuje određivanje najbolje lokacije, broja i distribucije potrebnih vatrogasnih postaja unutar određenog prostora. *Network Analyst* je moćna ekstenzija ArcGIS-a koja omogućuje analize temeljene na topološki točnim podacima prometne mreže (Roland i dr., 2015.). Korisna je u vatrogastvu jer omogućuje: definiranje najbliže vatrogasne postrojbe do opožarenog područja, procjenjuje vrijeme putovanja, odabire nove potencijalne lokacije, pronalazi najbrže rute, vatrogasne stanice ili definira optimalnu dislokaciju postojećih vatrogasnih postrojbi. Tri su komponente bitne pri odabiru vatrogasnih postrojbi: lokacija požara, potencijalna lokacija vatrogasnih postrojbi te udaljenost od potencijalnih mjesta do lokacija požara. Najčešći kriteriji odabira su: vrijeme potrebno za intervenciju i veličina područja kojeg potencijalna lokacija pokriva s obzirom na distribuciju požara. Cilj analize je prepoznavanje one lokacije koja pokriva što veće područje, a da se od nje do mjesta požara može doći unutar standardnog vremena potrebnog za intervenciju.

Imperativ svih vatrogasnih intervencija su brzina i točnost reakcije. U tom kontekstu, korištenje GIS-a omogućuje, zahvaljujući implementiranim algoritmima, eliminiranje eventualnih ljudskih pogreški prilikom odabira puta, te značajno skraćivanje vremena intervencije (Roland i dr., 2015.). U razvijenijim zemljama GPS uređaj se ugradi u vatrogasno vozilo, pomoću kojih se u svakom trenutku može odrediti njihova točna lokacija. Važan čimbenik prilikom odabira rute nije samo brzina već i uvjeti na prometnoj mreži. U skladu s tim kod izračuna optimalne rute intervencije unutar GIS okruženja koriste se: udaljenost, ograničenje brzine, broj prometnih znakova, skretanja i križanja, nagib ulica, količina prometa i parkirna mjesta. Definiranje područja djelovanja vatrogasne postaje podrazumijeva prikaz

standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi. Cilj analize je utvrđivanje koliko se stanovnika, objekata ili drugih kvantitativnih podataka nalazi unutar svake pojedinačne zone. Izvođenje analize uključuje prikupljanje topološki točnih podataka o cestovnoj mreži istraživanog područja, potom se kreira skup prometnih mreža koje se sastoje od ruta i čvorova, te se na temelju toga i tipa prometnice određuje maksimalna brzina kretanja vozila. Na slici 9. prikazan je primjer određivanja površine koja spada unutar zadanog vremena od 7,5 min vatrogasne intervencije. Vrijednost brzine vatrogasnog vozila postavljena je na 65 km/h (Roland i dr., 2015).



Slika 9. Primjer podatkovnog skupa prometne mreže te zone utjecaja vatrogasne stanice (grad Zadar)

Izvor: <https://hrcak.srce.hr/file/215479>

Potencijali korištenja GIS-a u održivom razvoju otoka su višestruke, od mapiranja opožarenih područja i komparativne analize područja pri planiranju vatrogasnih putova i vatrodjave, radu komunalnih službi (promišljeno gospodarenje otpadom i javnom rasvjetom, učinkovito prostorno planiranje), očuvanju prirodne i kulturne baštine, sustavnom upravljanju vegetacijom otoka i zaštiti autohtonih biljaka i biljnih vrsta (od kojih je značajan broj endemskih), sustavnom i održivom planiranju prometa, razvoju održivog turizma, učinkovitije upravljanje nautičkim turizmom i lukama, poljoprivredi i brojnim drugim djelatnostima i

aktivnostima. Drugim riječima, GIS tehnologija primjenjiva je u brojnim aspektima planiranja i realizacije razvoja na održivim principima (Dulčić, 2017).

## 2.6. Brzina intervencije pri požarima

U vrijeme ekološke osviještenosti (Miloslavić, 2011) zbog sveukupne biološke i krajobrazne raznolikosti, neovisno o vrednovanju biljnog pokrova, svaka, pa i najmanja zelena površina, ima svoju svrhu. Zato svako gorenje treba spriječiti i zaustaviti bez ikakve dvojbe gasiti ili ne kad je u pitanju požar raslinja. U svemu tome treba posebno istaknuti zaštićene prirodne vrijednosti i poduzimati sve da se sačuvaju od požara.

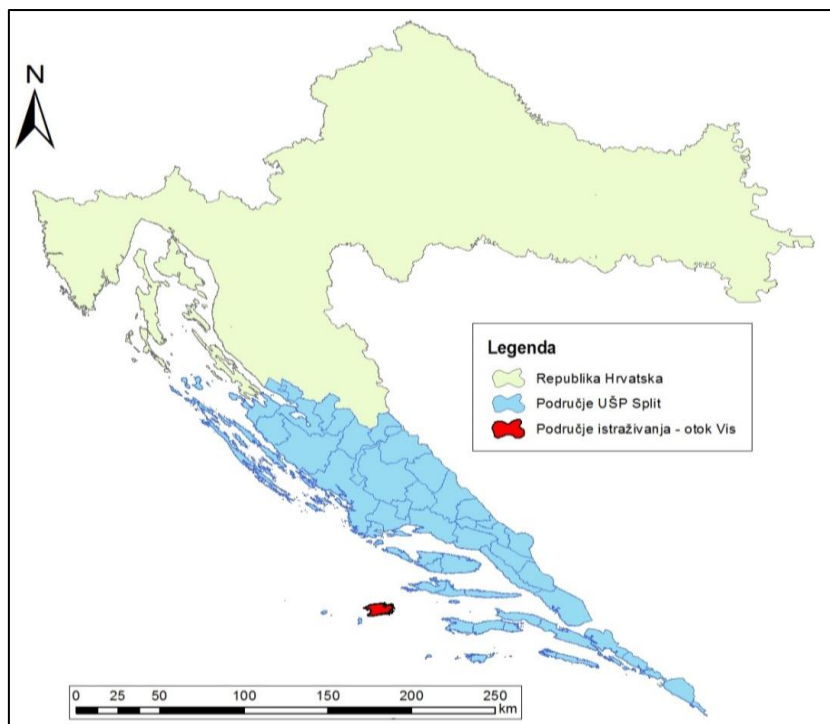
Nije nužno (Šćepanović i dr, 2012.) da analizu izrađuju direktni sudionici intervencije, ali je potrebno od njih prikupiti sve relevantne podatke. Pod time se podrazumijevaju podaci o dojavi (vrijeme i način dojave, broj poziva, prikupljene informacije od dojavitelja), izlazak na intervenciju (gasni vlak, brzina izlaska, brzina dolaska na mjesto intervencije), komunikacija voditelja intervencije s operativnim centrom, tijek intervencije, čimbenici koji su utjecali na tijek intervencije i utrošena sredstva.

Primarna odgovornost vatrogasnih službi (svih sudionika u gašenju požara) je brza intervencija u slučaju požara. Kako bi se pružila učinkovita vatrogasna usluga interventna postrojba mora u najkraćem razdoblju doći do mjesta događaja (nesreće, požara, i sl.) uz dovoljno nužne opreme za spašavanje i/ili pružanje hitne medicinske pomoći.

### 3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

#### Hrvatske šume - Podružnica Split

Hrvatske šume, društvo s ograničenom odgovornošću predstavlja poduzeće koje gospodari šumama i šumskim zemljištem u Republici Hrvatskoj (Portal Hrvatske šume). Podružnica Split jedna je od 16 uprava u sastavu Hrvatskih šuma, a gospodari šumama između Paškog mosta i Prevlake, na prostoru četiriju županija: Zadarske, Šibensko-kninske, Splitsko-dalmatinske i Dubrovačko-neretvanske (Dragičević, 2007). Ukupna je površina koju pokriva Uprava šuma Podružnica Split 563.804,38 ha, a to je u Hrvatskim šumama najveća površina koju pokriva jedna uprava. Od ukupnih šumskih površina o kojima brina ta uprava obraslih je 444.175,16 ha, neobraslih 105.825,20 ha, a neplodnih 13.804,02 ha, dok je neuređenih površina 50.000 ha (Dragičević, 2007). Uprava šuma Podružnica Split sastoji se od 17 šumarija (Benkovac, Biograd, Brač, Drniš, Dubrovnik, Hvar, Imotski, Knin, Korčula, Makarska, Metković, Obrovac, Sinj, Split, Šibenik, Vrgorac, Zadar) a u stručnim službama ima 9 odijela (proizvodni, komercijalni, planski i analitički, za lovstvo, ekologiju, uređivanje, pravni, kadrovski i opći, financijsko-računovodstveni te informatički).



Slika 10. Područje UŠP Split

Uprava gospodari s tri državna lovišta, Sv. Ilija (Orebić), Musapstan (Bokanjačko blato) i Biokovo (Makarska) te uzgajalištem divljači Oštrica (Šibenik). Podružnica Split ima ukupno



986 otoka, pet parkova prirode te četiri nacionalna parka. U priobalju, uz brigu o očuvanju vrsta, zaštiti šuma, sadnji i drugim poslovima, s približavanjem ljetnih vrućina raste i zebnja od požara koji su najveći neprijatelji šumskih pokrova. Na krševitom području najveću su opasnost za šume šumski požari pa se mnogo novca ulaže u preventivnu zaštitu. Svake godine Hrvatske šume ulažu 100 milijuna kuna za protupožarne preventivne radove, od čega najviše na području splitske uprave. Protupožarnim preventivnim mjerama pripadaju organizacija promatračke protupožarne službe, izgradnja i održavanje motrilišta, izgradnja i održavanje protupožarnih prometnica, postavljanje znakova upozorenja te čuvanje šuma. Budućnost je, drže u Upravi šuma Podružnica Split, u daljnjem razvoju šumske ekologije, očuvanju i zaštiti postojećega šumskog fonda te maksimalnoj angažiranosti cjelokupnoga stručnog osoblja na uređivanju šuma (Dragičević, 2007). Veliki problem je što je Dragovoljno vatrogastvo na otocima i priobalju u zadnje vrijeme u velikim problemima, dosta često na granici postojanja. Razloga je više: mali broj mladih ljudi, a i sve manja zainteresiranost, nedovoljna opremljenost i zastarjela oprema, a nemogućnost nabave nove (Nodilo, 2003.).



Slika 10. Osmatračnica za prevenciju šumskih požara – Podružnica Split

Izvor: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-59-2007-05-07.pdf>

## **4. CILJEVI I METODE ISTRAŽIVANJA**

### **4.1. Ciljevi istraživanja**

U sklopu ovoga istraživanja cilj je ovoga rada utvrđivanje postojeće prometne infrastrukture na kojoj je moguće obavljati protupožarne radnje u slučaju pojave požara. Odabrano je područje otoka Visa (UŠP Split) te su utvrđene pozicije javnih i dobrovoljnih vatrogasnih postrojbi toga područja. Postojeća prometna infrastruktura je dopunjena s terenskim podacima pri čemu će se izvršiti korekcija postojeće mreže prometnica.

Analizom postojeće protupožarne prometne infrastrukture u kombinaciji sa (slučajno) odabranim pozicijama eventualnog požara odredit će se vrijeme potrebno za dolazak pojedine ekipe za gašenje požara te predložiti daljnje mjere za skraćivanje vremena dolaska na mjesto intervencije.

Dostupne će se površine (slučajno odabrana mjesta intervencije) simulirati kako bi se u potpunosti i jednoliko pokrilo cjelovito područje istraživnog područja.

Vrijeme intervencije najviše ovisi o maksimalnim dozvoljenim brzinama kretanja vatrogasnih vozila pa suza potrebe ovoga istraživanja na terenu utvrđena ograničenja, odnosno stanje prometne infrastrukture otoka Visa. Kategorizacijom protupožarnih prometnica otoka Visa omogućena je simulacija sukladno vrsti i stanju same prometnice te vrsti kolničke konstrukcije.

U sklopu ovoga istraživanja će se promatrati samo one prometnice koje se mogu koristiti za obranu od požara (intervenciju), a koje odgovaraju mogućnosti dostupa raspoloživim vatrogasnim vozilima u sastavu vatrogasnih postrojbi otoka Visa. U ovome radu nije uzeta u obzir intervencija uz pomoć zračnih snaga, jer vrijeme podizanja kanadera (4 aktivna kom. u posjedu Republike Hrvatske) i udaljenost otoka Visa uslijed izbijanja požara, stavlja u prvi plan kvalitetnu protupožarnu prometnu infrastrukturu. Uz sve to bitno je naglasiti kako je većina požara najčešće popraćena jakih vjetrom (burom) uslijed kojega je svaka zračna intervencija svedena na minimum i za pravovremenu intervenciju nam preostaju jedino kopnene vatrogasne postrojbe.

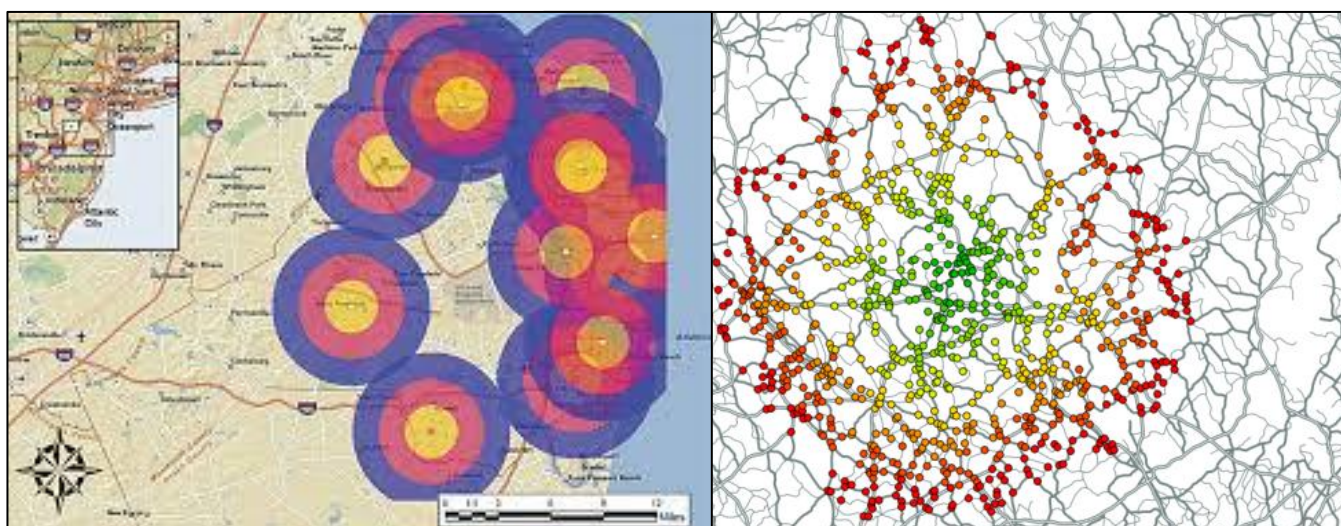
### **4.1. Materijali i metode istraživanja**

Na postojeću je prometnu infrastrukturu dodana dodatna utvrđena prometna infrastruktura pomoću novijih digitalnih karata, a sve su „sporne“ dionice korigirane na terenu i to

neposrednim obilaskom te korištenjem bespilotne letjelice (drona) Phantom Pro 4. U radu su korištene kartografske podloge izrađene u poprečnoj Mercatorovoj projekciji te prema referentnom koordinatnom sustavu HTRS96 (Hrvatski terestrički koordinatni sustav za epohu 1995.55).

Kontrolna izmjera vremena i traga kretanja vatrogasnih vozila obavljena je GPS uređajem Garmin GPSMAP 62s. Vožnja je obavljena vatrogasnim vozilom Mercedes Atego 1528.

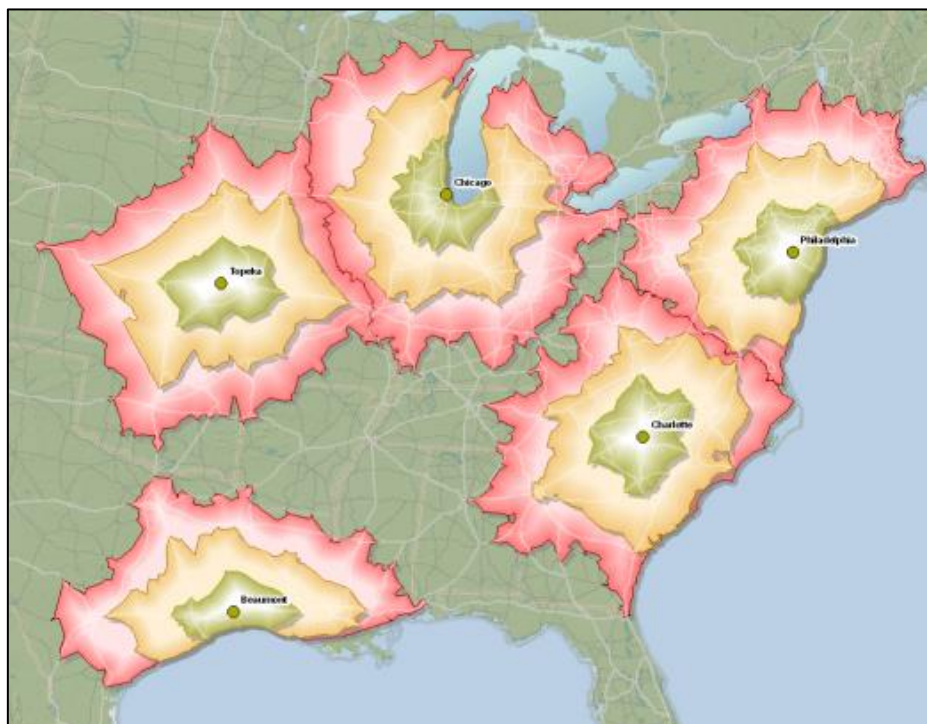
Prostorne analize za potrebe ovoga rada napravljene su u GIS-u korištenjem *ArcCataloga*, *ArcMapa* i *ArcToolboxa* pri čemu je dizajnirana mreža prometnica otoka Visa. Prije svega je potrebno izraditi imodel (simulaciju) prave cestovne mreže (ESRI, 2007). Digitaliziranom i korigiranom linijskom sloju podataka se pridružuju uređeni atributni podaci (dopuštena brzina kretanja i duljina ceste u kilometrima). Na temelju tako uređenoga sloja omogućena je izrađena analiza mreže cesta koja je izrađena pomoću dodatka *Network Analyst*. Uz pomoć navedenog alata se definiraju najbliže vatrogasne postrojbe do opožarenog područja, pronalazi najbrže rute, procjenjuje vrijeme putovanja do mjesta intervencije, odabire nove potencijalne lokacije vatrogasnih stanica te definira optimalnu dislokaciju postojećih vatrogasnih postrojbi. Unutar *Network Analyst* alata se koristi *New route* koji se temelji na Dijkstra algoritmu ili algoritmu najkraćeg puta (*shortest path algorithm*). Algoritam razbija mrežu na čvorove, a rute koje ih povezuju se vizualizirane vektorskim linijskim oblikom podataka. Uz to, svaka linija između dva čvora ima povezanu vrijednost (trošak ili udaljenost) koju je potrebno savladati da bi se došlo do određišanog čvora ili točke (Karadimas i dr., 2007.).



Slika 11. Prikaz izlaznih vrijednosti alata *Network Analyst*

U modelu izrađenom za potrebe ovoga istraživanja je upotrijebljen alat *New Service Area*, pomoću kojega se dobivaju poligoni koji odgovaraju vremenima koja će se odabrati. *New Service Area* nam daje izlazni poligon koji prikazuje područje intervencije određene postaje

kroz vremenski aspekt (standardno vrijeme intervencije) i udaljenost. Upotrijebljeni su i alati *Select*, *Clip*, *Merge* i *Erase*.

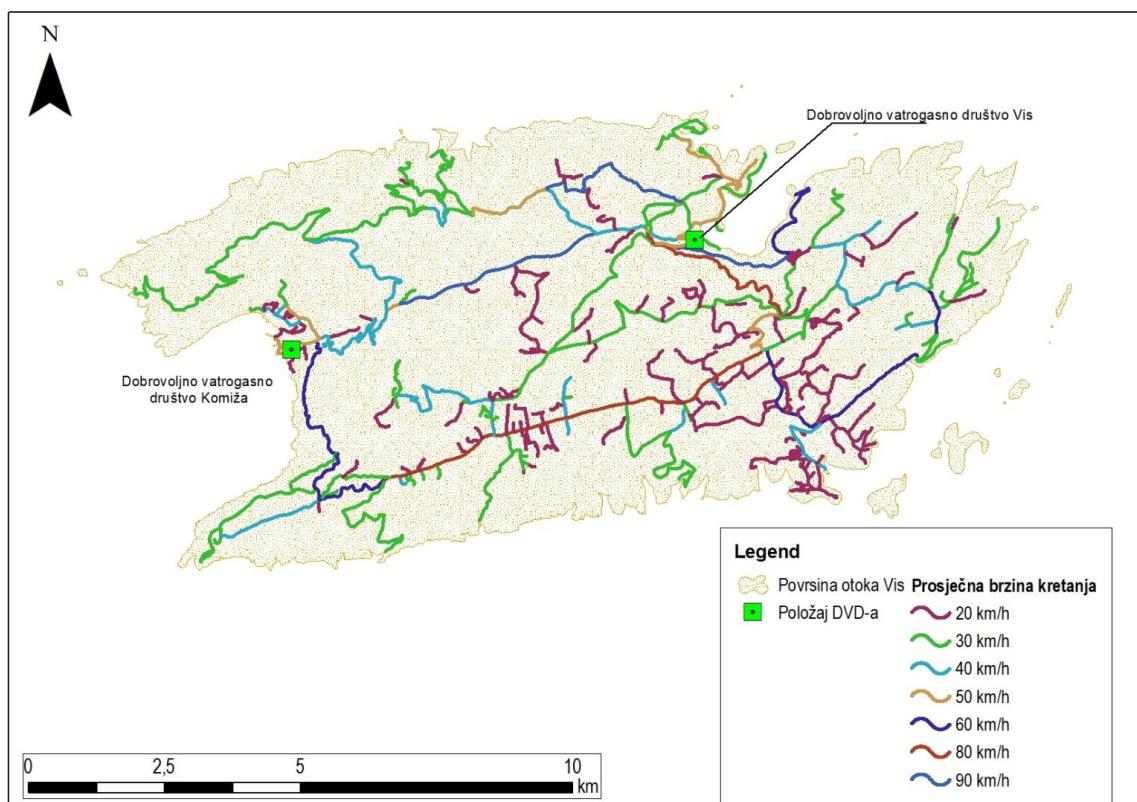


Slika 12. Primjer izlaznih poligona dobivenih alatom *New Service Area*



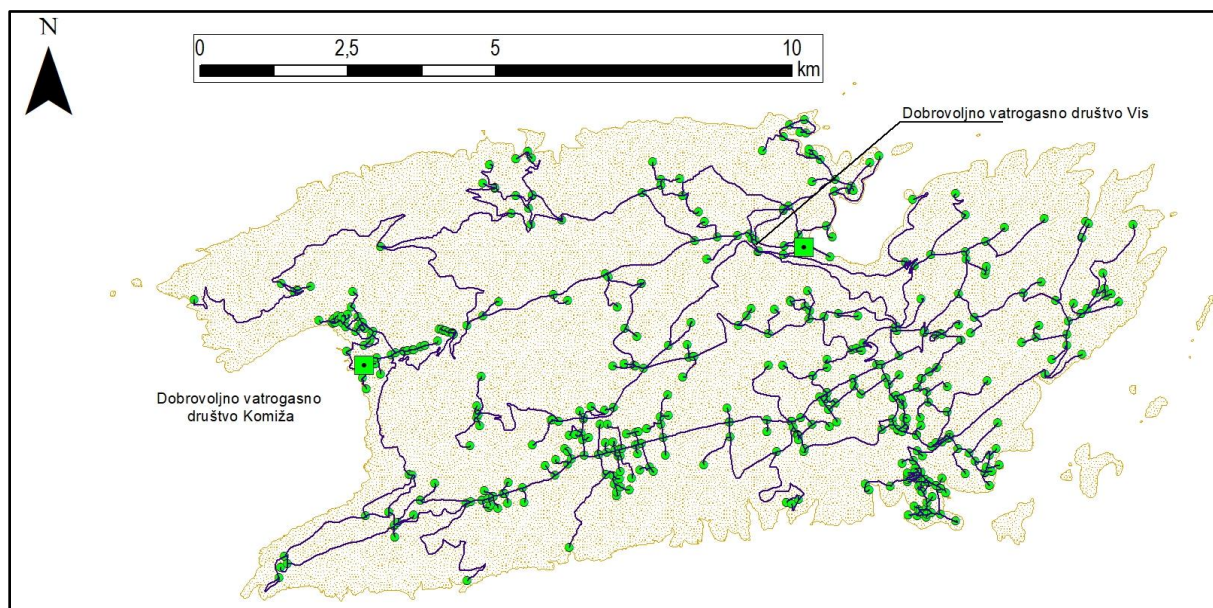
## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Promatrano s aspekta GIS-a i na temelju prostornog razmještaja prometnica koje se mogu koristiti za protupožarne intervencije, postojeća je prometna infrastrukturu nadopunjena opisanim metodama prikupljanja terenskih podataka. Za potrebu ovoga rada su korišteni podaci Hrvatskih šuma, UŠP Split, Hrvatskih cesta i terenski podaci prikupljeni neposrednim snimanjem sa bespilotnom letjelicom. Alati korišteni u ovome radu omogućili su nam izradu nadopunjenog katastra koji je predstavljao ulazni podatak za sve potrebne analize predviđene ovim istraživanjem. Ukupna duljina prometnica koje se mogu koristiti prilikom protupožarne intervencije korištenih u ovome radu iznosi 208,50 kilometara, a postojeće su prometnice razdijeljene u 552 odsječka (dionice) istraživane mreže.

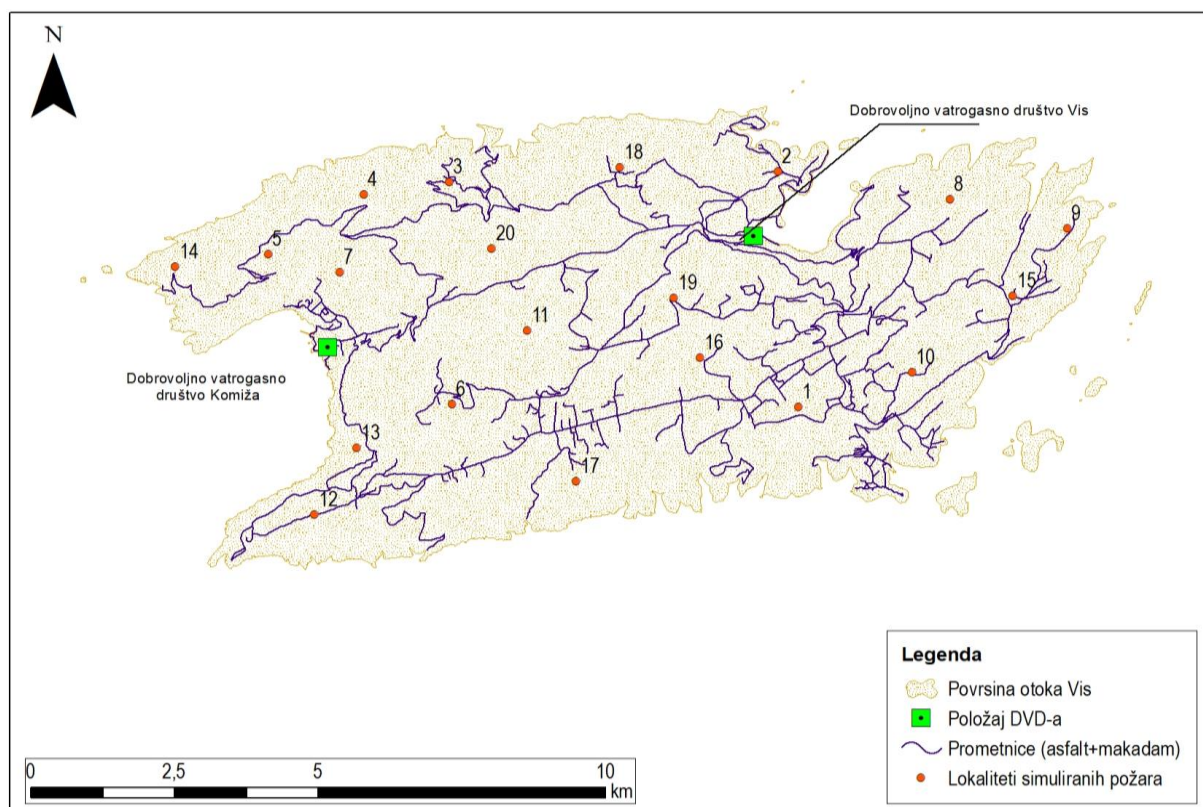


Slika 13. Primarna prometna infrastruktura – javne i šumske protupožarne ceste

Mreža prometnica predviđenih za protupožarnu intervenciju razdijeljena je na dionice koje su definirani čvorovima (točkama sjecišta), odnosno raskršćima i završecima cesta zbog načina korištenja alata i predstavljaju obavezni međukorak. Za svaku je dionicu određena maksimalna brzina kretanja, a ona se kreće od minimalnih 20 do 90 km/h. Mreža prometnica uređena na spomenuti način preduvjet je za sve daljnje analize, a ujedno predstavlja i atributnu bazu na temelju koje je moguće, simulacijama, postići optimalno rješenje.



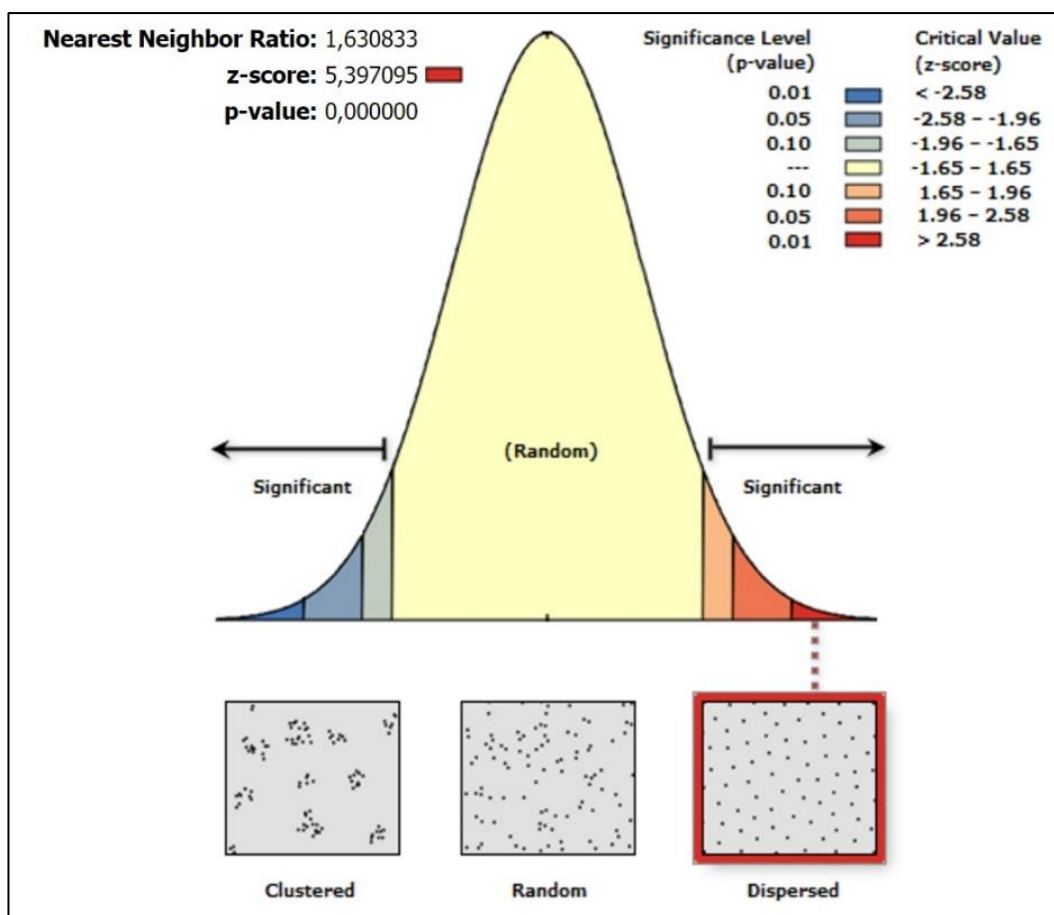
Slika 14. Počeci i završeci sastavnica cjelokupne promatrane mreže



Slika 15. Prostorne pozicije mjesta intervencije – simulacija mjesta požara

Simulacijom, odnosno slučajnim odabirom je postavljeno 20 točaka na cijelom području istraživanja koje predstavljaju simulirana područja nastanka požara (slika 15). Točke su određene rednim brojevima od 1 do 20. Za svaku točku je izvršena analiza potrebnog vremena za intervenciju s dvije lokacije postojećih vatrogasnih postrojbi: DVD Komiza i DVD Vis kao što je prikazano u tablici 2. Također je napravljena i analiza prostornog razmještaja

simuliranih točaka požara s obzirom na površinu pokrivenu slučajno odabranim točkama. Podaci pokazuju pravilan disperzivan raspored simuliranih točaka požara što je potvrđeno statističkom analizom pomoću alata *Average Network Neighbori* visokim z-score rezultatom čime i sve ostale analize prikazuju stvarne mogućnosti korištenja modela iz ovoga istraživanja.



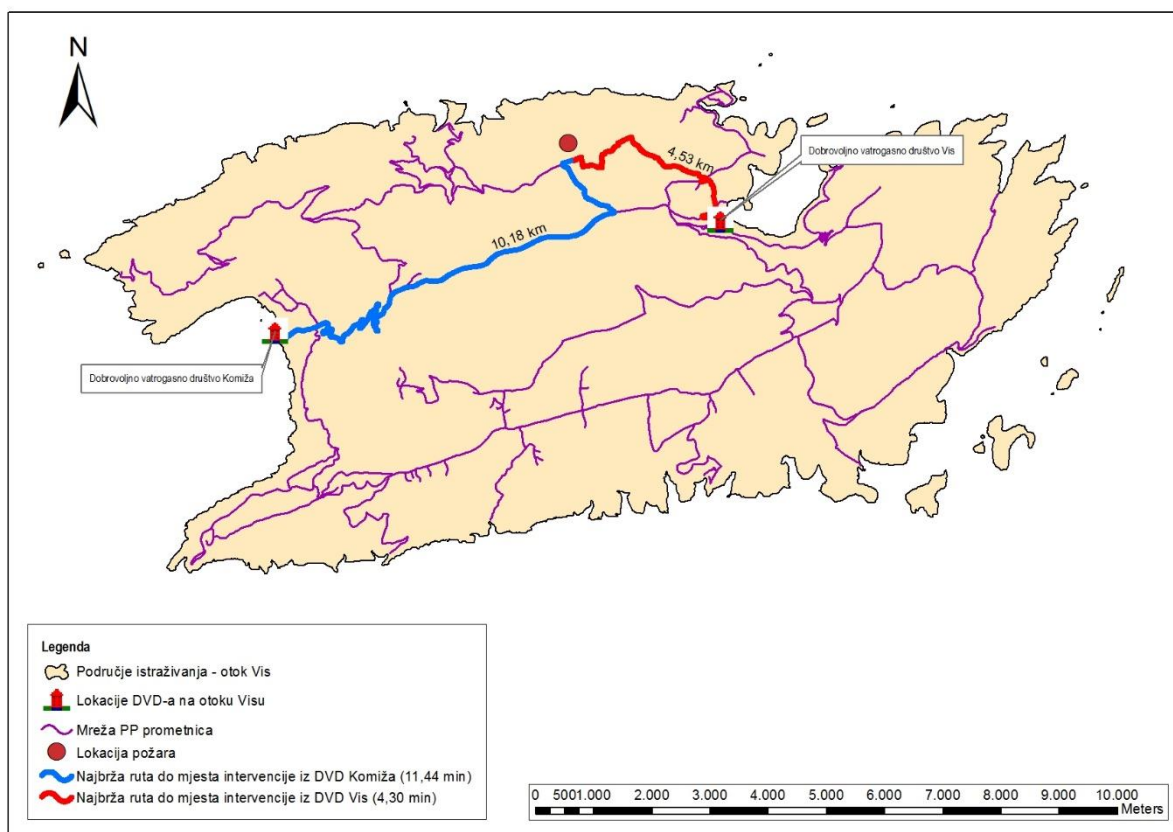
Slika 16. Analiza pravilnosti disperzije simuliranih točaka požara

Za svaku je točku određena točna udaljenost iz stvarnih položaja vatrogasnih postrojbi (dobrovoljnih vatrogasnih društava), a izražena je u kilometrima. Također je prikazano i vrijeme potrebno za intervenciju izraženo u minutama. Rezultati analize su pokazali kako je za neke lokacije manja udaljenost iz DVD-a Komiža, a brža intervencija iz DVD-a Vis. Razlog tomu je konfiguracija terena te kategorije prometnica oko područja Komiže koje uvjetuju manju maksimalnu brzinu kretanja vatrogasnih vozila, a samim tim potrebno i duže vrijeme dolaska na mjesto intervencije. Naročito je zanimljivo primijetiti kako je za pojedina područja geometrijska udaljenost manja za Komižu nego za Vis, ali je zbog loše prometne mreže prema toj lokaciji udaljenost i brzina vožnje puno kraća iz grada Visa nego iz Komiže.

Tablica 2. Vrijeme intervencije i udaljenosti za simulirana mjesta nastanka požara

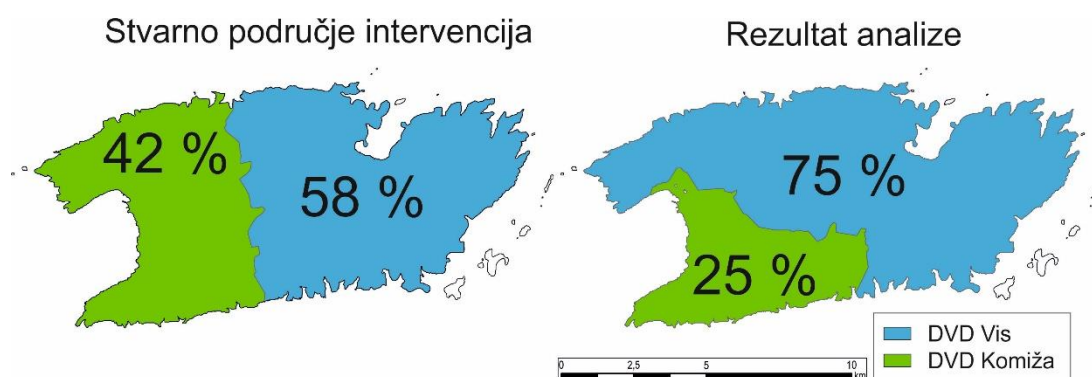
Redni broj lokacije intervencije	HTRS96 projekcija		DVD Vis		DVD Komiža	
	Y koordinata lokacije	X koordinata lokacije	ukupno vrijeme (min)	ukupna duljina vožnje (km)	ukupno vrijeme (min)	ukupna duljina vožnje (km)
1	474952,95	4765872,09	12,55	10,67	14,15	13,14
2	474604,28	4770178,72	3,59	2,83	14,45	12,37
3	468875,50	4769982,22	9,75	8,05	16,12	12,89
4	467388,97	4769752,19	12,20	10,19	12,25	8,01
5	465725,34	4768670,41	16,89	12,53	16,93	10,35
6	468923,02	4765919,16	14,76	8,42	12,24	11,15
7	466966,63	4768330,90	13,01	11,04	2,74	1,98
8	477595,59	4769664,79	9,72	7,58	18,79	15,93
9	479649,95	4769135,89	15,46	11,04	23,94	22,75
10	476935,72	4766501,47	11,78	9,40	19,18	18,30
11	470234,04	4767272,25	9,86	5,62	13,66	8,57
12	466524,88	4763898,21	16,02	17,57	5,75	5,23
13	467258,45	4765118,70	13,61	12,26	3,14	3,04
14	464094,81	4768429,91	23,88	16,03	23,92	13,85
15	478696,15	4767900,87	12,06	9,34	20,53	21,04
16	473241,55	4766773,93	12,33	10,52	13,90	12,94
17	471089,58	4764510,41	13,36	13,68	9,88	9,37
18	471849,66	4770247,62	4,74	4,54	11,60	10,11
19	472784,73	4767861,66	10,99	8,03	15,77	12,32
20	469609,74	4768759,89	8,04	7,23	14,41	12,07



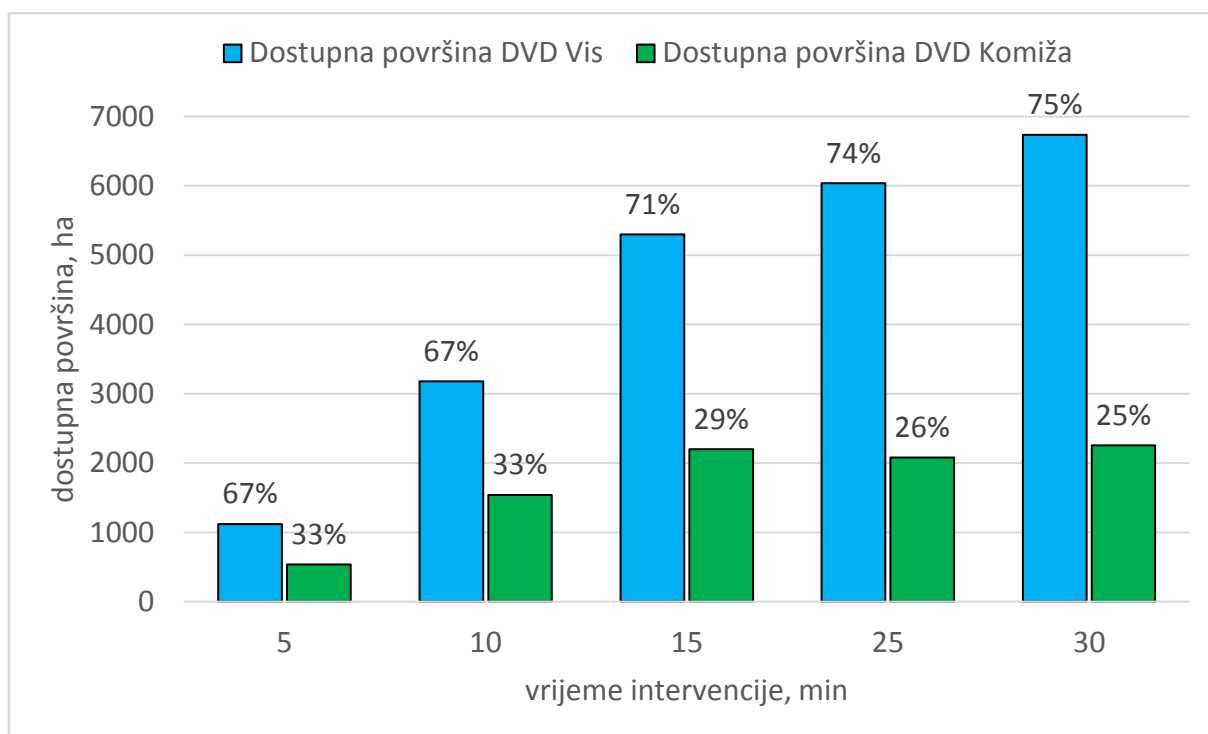


Slika 17. Primjer udaljenosti pristupa jednoj od odabranih (simuliranih) pozicija intervencije

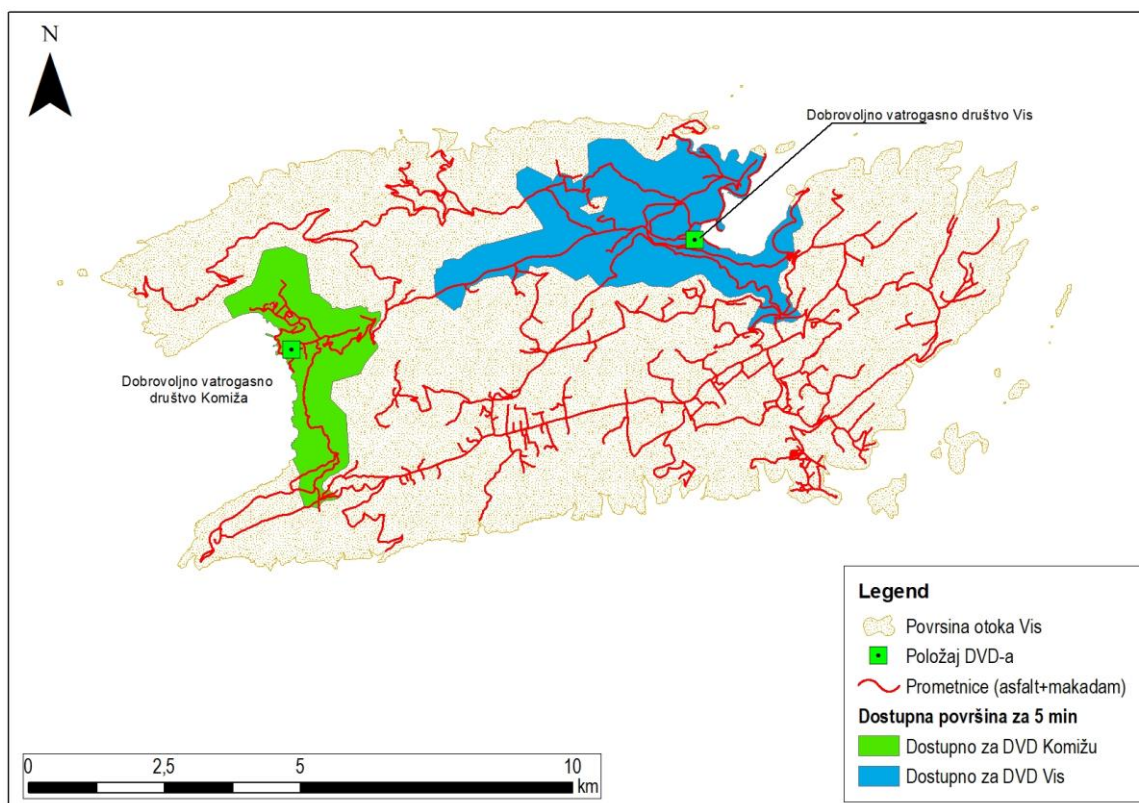
Daljnjom analizom utvrđena je dostupna površina sa svake lokacije na koju vatrogasno vozilo može intervenirati unutar 5 min, 10 min, 15 min, 25 min i preko 25 min. Površina koju u 5 min može „dohvatiti“ DVD Vis više je nego dvostruko veća od površine koju pokriva DVD Komiža. Razlog tome su prometnice više kategorije (veće brzine kretanja zbog boljeg stanja prometnica) iz smjera grada Visa koje omogućuju brže kretanje vatrogasnih vozila.



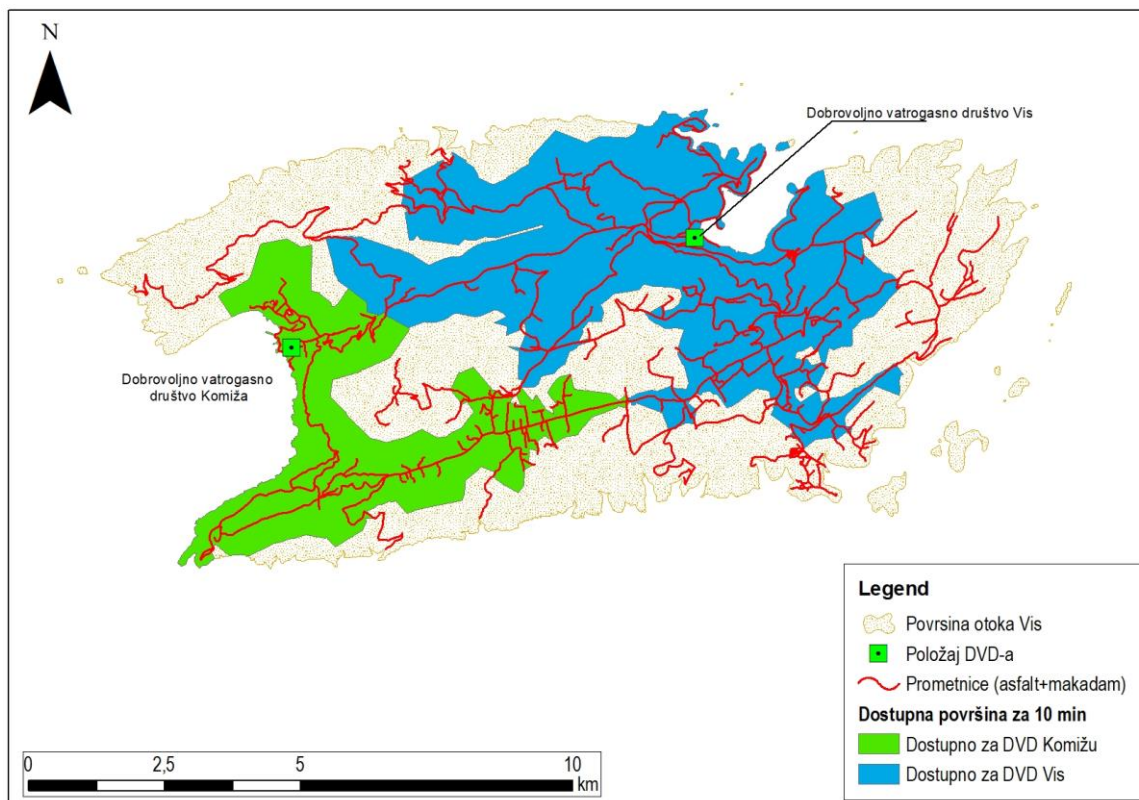
Slika 18. Usporedba intervencije prema lokalnoj samoupravi i brzine intervencije dobivene analizom



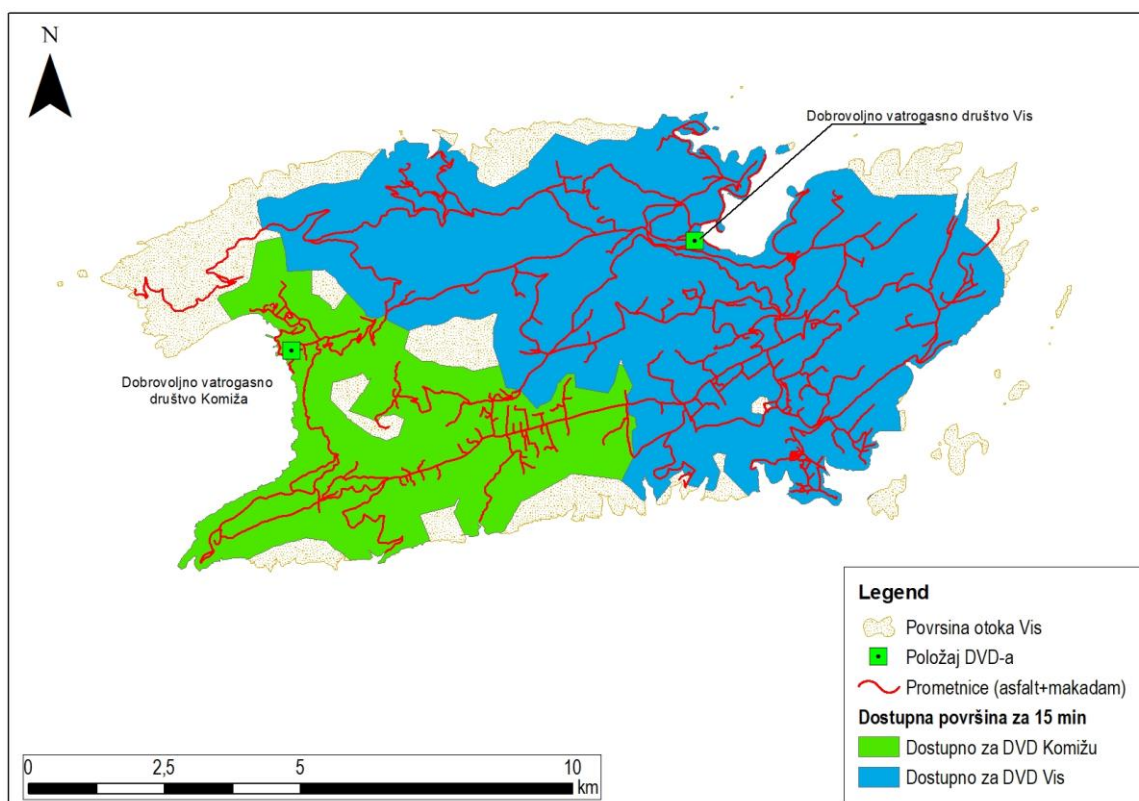
Slika 19. Dostupnost površina s obzirom na vremena dolaska na mjesto intervencije



Slika 20. Dostupnost površini maksimalnog doseg od 5 minuta

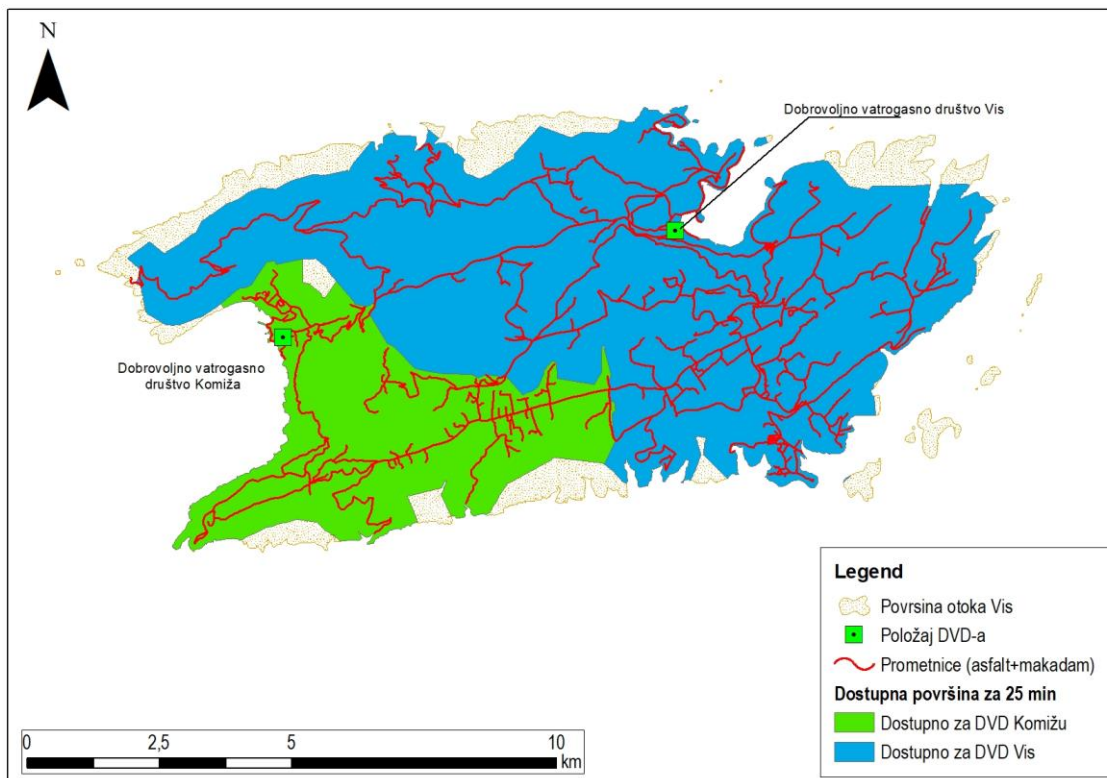


Slika 21. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 10 minuta

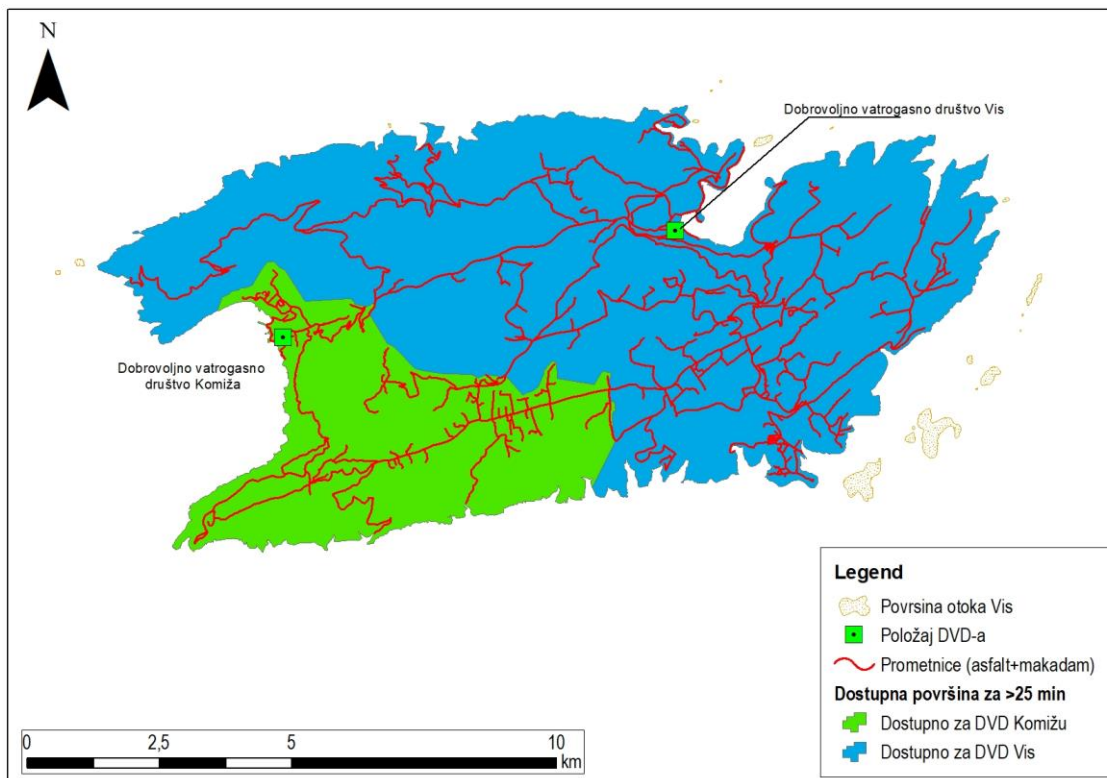


Slika 22. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 15 minuta



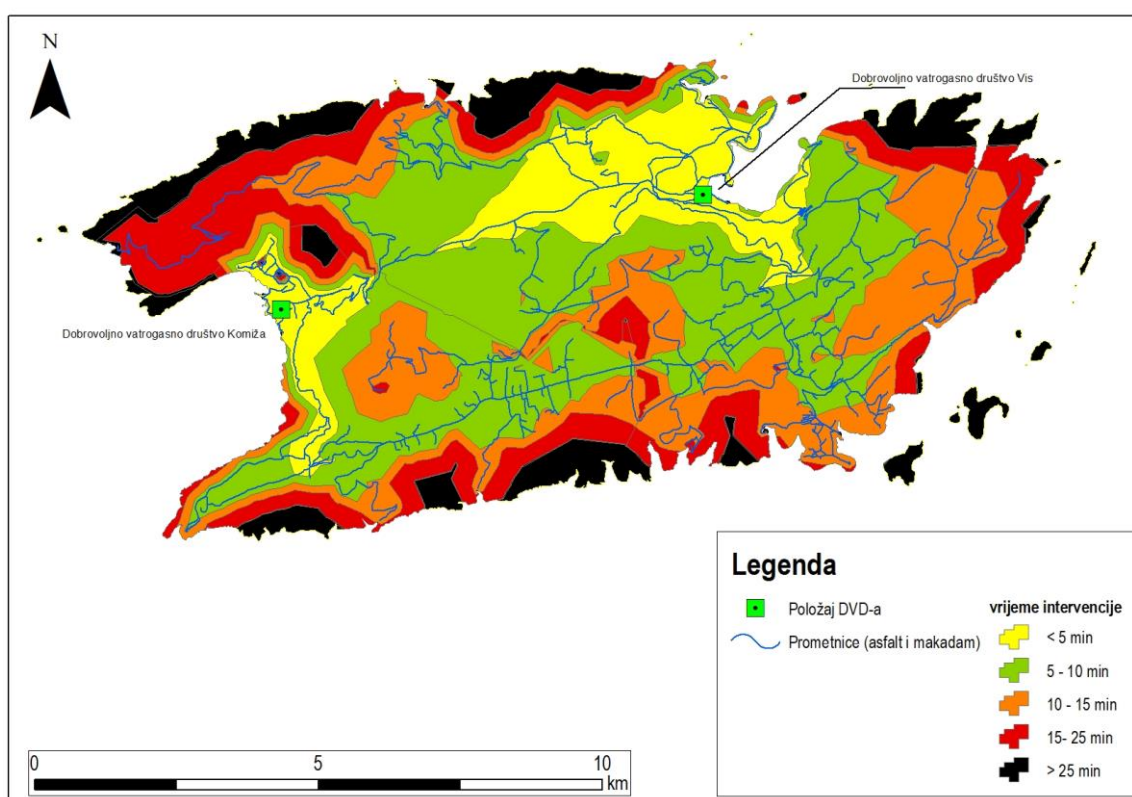


Slika 23. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 25 minuta



Slika 24. Dostupnost površini maksimalnog dosega preko 25 minuta

Povećanjem vremena interveniranja na 10 min površina pokrivena iz DVD Vis također je više nego dvostruko veća od pokrivenosti DVD Komiža. Također je primjetno da se nakon vremena od 20 minuta povećava samo površina dostupne površine za DVD Vis, dok je za DVD Komiža čak došlo do manjeg smanjenja dostupne površine iz razloga što se pri intervenciji većoj od 20 minuta dolazi do bržih intervencija od strane DVD Vis na najudaljenijim točkama mogućih intervencija. To se pripisuje kvaliteti i kategoriji prometnica (asfalt i makadam) iz smjera grada Visa na kojima je moguć brži promet zbog veće dopuštene maksimalne brzine, kretanja nizbrdo na nekim dionicama, ali i zbog dva prometna traka na tim prometnicama.



Slika 25. Kategorije vremenske dostupnosti površini po odabranim vremenima

Korištenjem alata *New Service Area* utvrđene su i prikazane grafički površine svih kategorija vremena intervencija kako bi se vidjela pokrivenost površine zaustavljanja požara s obzirom na odabrana vremena. Crvenom i crnom bojom prikazane su površine za koje je potrebno izvršiti detaljnije analize i odabrati idejne trase budućih prometnica koje bi omogućile smanjenje vremena pristupa i odabrati postojeće prometnice za održavanje i omogućavanje bržeg prometovanja. Na svim mjestima gdje je vrijeme pristupa površini intervencije veće od 15 minuta potrebno je predvidjeti nove trase prometnica, održavanje ili rekonstrukciju postojećih, a u svrhu cjelovite zaštite istraživanog područja.

## 6. ZAKLJUČCI SA RASPRAVOM

- ✓ GIS je učinkovito sredstvo za određeni nivo prevencije od požara i optimizacije vatrogasne službe, ali nedovoljna financijska sredstva za nabavu odgovarajuće opreme (hardvera i softvera) te manjak osoblja upoznatog s mogućnostima GIS tehnologije, otežavaju prijeko potrebnu implementaciju GIS tehnologija unutar vatrogasne službe.
- ✓ Otvorenost od 23 m/ha prometnica različitih kategorija pokazala se nedovoljnom za intervenciju nad čitavim područjem otoka Visa, ali i loše stanje gornjega stroja koje onemogućava bržu vožnju asfaltnim i makadamskim cestama.
- ✓ Postojanje samo 2 mjesta za osmatranje na izrazito razvedenom reljefu otoka Visa ne pruža pravovremeno intervenciju te je potrebna nadogradnja novim osmatračnicama, što Netolicki i dr. (2012) navode kao jedini efikasan način smanjenja štete koju uzrokuju požari otvorenoga prostora.
- ✓ Položaj DVD-ova nije postavljen na idealnim pozicijama s obzirom na razmještaj prometnica i konfiguraciju otoka te je, kako navode u svom radu Držaić i dr. (2014), u tim slučajevima potrebno osnivanje novih vatrogasnih postrojbi ili njihovo sezonsko premještanje radi bolje efikasnosti i bolje zaštite.
- ✓ Vrijeme dolaska na mjesto intervencije i utvrđivanje dostupnosti površini, odnosno poziciji intervencije predstavlja kompleksan inženjerski pothvat koji zahtjeva ocjenu alternativnih putanja. Ova činjenica upućuje na neophodnost upotrebe odgovarajućih softvera u planiranju vatrogasne intervencije uslijed požara te sistematsko pretraživanje najpogodnijih putanja. U analize je potrebno uključiti i kretanje kopnenih vatrogasnih postrojbi kada ne postoji mogućnost korištenja mehanizacije, odnosno vatrogasnih vozila.
- ✓ Rano otkrivanje požara i brza intervencija uvelike smanjuju štete uzrokovane požarom, a time i troškove sanacije opožarenih područja. Dodatne bi analize trebale pokazati vidljivost površina s obzirom na postojeća opažачka mjesta te dati smjernice budućih radnji koje bi uvećale mogućnost brze dojave o požaru.
- ✓ Nedovoljno održavani makadamski, ali i asfaltni kolnici, otežavaju prometovanje vodom opterećenim vatrogasnim vozilima, što uzrokuje sporiju intervenciju i nedovoljnu pokrivenost područja unutar, definiranog pravilnikom, standardnog vremena intervencije od 15 min. Iduća bi istraživanja trebala prikazati ovisnost stupnja

održavanja o korištenju pojedinih prometnica čime bi se mogle dati smjernice intenziteta i vrste održavanja prometne infrastrukture otoka Visa i sličnih područja.

- ✓ Analiza površina dobra je smjernica za odlučivanje, na strategijskoj ili taktičkoj razini, pri održavanju prometnica, poboljšavanju tehničkih karakteristika prometnica rekonstrukcijom te izgradnje potrebnih novih dionica za brže interveniranje prilikom požara.

## 7. LITERATURA

1. Agroklub, 2016: Čuvajmo šume od požara!, dostupno na: <https://www.agroklub.com/sumarstvo/cuvajmo-sume-od-pozara/25762/>
2. Bakšić N., Vučetić M., Španjol Ž., 2015: Potencijalna opasnost od požara otvorenog prostora u Republici Hrvatskoj, , str.: 30 – 40, VATROGASTVO I UPRAVLJANJE POŽARIMA, br. 2/2015., vol. V, Zagreb , dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/150849>
3. Baučić, M., 2013: Geografski informacijski sustavi, dostupno na: <http://www.zzpudnz.hr/LinkClick.aspx?fileticket=1PHDKlf-0Po%3D&tabid=411>
4. Bertović, S. i Lovrić, A.Ž., 1987: Vegetacija i kategorije njezine prirodne ugroženosti od požara. Osnove zaštite šuma od požara, CiP, Zagreb, str. 121–134.
5. Dragičević, J.S., 2007: Gospodarenje šumama u Hrvatskoj i na primorskom području, Građevinar 59 – Zaštita okoliša, dostupno na: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-59-2007-05-07.pdf>
6. Držaić, D., Kavran, M., Antolović, A. (2015): Determination of Appropriate Locations for Seasonal Dislocation of Fire Stations in the Šibenik-Knin County Based on Road Network Analysis, Kartografija i geoinformacije (Cartography and Geoinformation), 13(22).
7. Državna uprava za zaštitu i spašavanje : <http://duzs.hr/>
8. Dulčić F., 2017: HVAR&D – Uvođenje GIS i ICT tehnologija u kurikulum fakultativne nastave i njihova primjena u održivom razvoju otoka Hvara, dostupno na: <http://www.hvard.eu/wp-content/uploads/2017/03/Smjernice-za-primjenu-GIS-a-u-lokalnim-djelatnostima.pdf>
9. ENERGO Inspekt: Opasnost od šumskih požara, dostupno na: <http://energoinspekt.hr/category/zastita-od-pozara>
10. Franulović K., 2014: Protupožarne prometnice na kršu, Savjetodavna služba, dostupno na: <http://www.savjetodavna.hr/savjeti/558/563/protupozarne-prometnice-na-krsu/>
11. HVAR&D, GIS tehnologija, dostupno na: <http://www.hvard.eu/gis-tehnologija/>
12. Karadimas, N. V., Kolokathi, M., Defteraiou, G., Loumos, V. (2007): Ant colony system vs ArcGIS network analyst: The case of municipal solid waste collection,



In 5th WSEAS International Conference on Environment, Ecosystems and Development, Tenerife, Spain.

13. Maloy, M. A., Dean, D. J. (2001): An accuracy assessment of various GIS-based viewshed delineation techniques, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67(11), 1293-1298.
14. Malnar M., 2009: Požari i gašenje požara, dostupno na: [rgn.hr/~mmalnar/matija/sig\\_na\\_rad/ispiti/pozar.ppt](http://rgn.hr/~mmalnar/matija/sig_na_rad/ispiti/pozar.ppt)
15. Miloslavić M., 2011: „Vatrogasna operativa i zaštićene prirodne vrijednosti“, *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, Vol. I, 1-2/2011, str. 77-78, ISSN 1848-347X
16. Netolicki A., Blažević T., Antolović A., 2011: Višekriterijska analiza rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji, *Stručni rad*- Zagreb
17. Nodilo J., 2003: Požari otvorenog prostora otoka i priobalja – slučajnost ili logičan slijed događanja?, *Šumarski list* br. 3 4. CXXVII (2003), 171-176, dostupno na: <http://www.sumari.hr/sumlist/pdf/200301710.pdf>
18. Patah, N. A., Mansor, S., Mispan, M. R. (2001): An application of remote sensing and geographic information system for forest fire risk mapping, *Malaysian Centre for Remote Sensing (MACRES)*.
19. Portal Hrvatske šume, dostupno na <http://portal.hrsume.hr/index.php/hr/tvrtka/onama>
20. Pravilnik o zaštiti šuma od požara, *Narodne novine* br. 33/2014
21. Roland V., Marić I., Milošević R., 2015: Primjena GIS tehnologije u vatrogastvu, *VATROGASTVO I UPRAVLJANJE POŽARIMA*, br. 1/2015., vol. V, Zagreb, dostupno na : <https://hrcak.srce.hr/file/215479>
22. Stipanović Ž.. 2017: Vi ste heroji u miru, *Hrvatski vojnik* broj 533, dostupno na: <https://hrvatski-vojn timer.hr/godina-2017-menu/item/3488-vi-ste-heroji-u-miru.html>
23. Šćepanović, J., Bučan, P., Kovačević, I., 2012: Analiza intervencije gašenja požara „DES“ Split. *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, br. 2/2012., vol. II, Zagreb, str. 67-80.
24. Šume u Hrvatskoj, 2007: dostupno na: <https://geek.hr/znanost/clanak/sume-u-hrvatskoj/>

25. Vasilakos, C., Kalabokidis, K., Hatzopoulos, J., Kallos, G., Matsinos, Y., 2007: Integrating new method and tool in fire danger rating; International Journal of Wildland Fire, 16(3), str. 306-316.
26. Zakon o šumama, Narodne novine 140/05, 82/06, 129/08, 80/10, 25/12, 68/12, 148/13, 94/14.
27. Magaš, A., 2015: Diplomski rad, Zaštita šuma od požara primjenom IPNAS sustava, str 8.
28. Rosavec, R. 2010: Odnos čimbenika klime i zapaljivosti nekih mediteranskih vrsta kod šumskih požara. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
29. Martinović, J., 2003: Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj, Šumarski institut, Jastrebarsko i Hrvatske šume d.o.o., p. 521, Zagreb.
30. Pičman, 2011: interna skripta iz nastavnog predmeta Šumske protupožarne prometnice.